

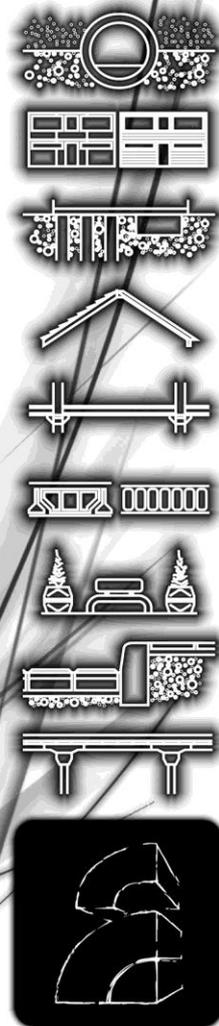
# ANDECE

ASOCIACIÓN NACIONAL  
DE LA INDUSTRIA DEL  
PREFABRICADO DE HORMIGÓN

## GUÍA ESPECÍFICA DE MARCADO **CE** PARA PRODUCTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN

“PLACAS ALVEOLARES”

7ª edición: Febrero 2014



# Índice

---

- 0. Objeto de la guía
- 1. Procedimiento general de marcado CE
- 2. Marcado CE de las placas alveolares
  - 2.1. Objeto, campo de aplicación y definiciones de la Norma UNE-EN 1168
  - 2.2. Nuevas placas en la norma
  - 2.3. Fechas de aplicación del marcado CE
  - 2.4. Anexo ZA de la UNE-EN 1168
- 3. Procedimiento de evaluación de la conformidad de las placas alveolares
  - 3.1. Sistema de evaluación de la conformidad
  - 3.2. Asignación de tareas para la verificación de la conformidad de las placas alveolares
- 4. Tareas del fabricante
  - 4.1. Elección del método de marcado CE
    - 4.1.1. Método 1
    - 4.1.2. Método 2
    - 4.1.3. Método 3
      - 4.1.3.1. Método 3a
      - 4.1.3.2. Método 3b
  - 4.2. Ensayo inicial de tipo
    - 4.2.1. Generalidades
    - 4.2.2. Definición de Tipo
    - 4.2.3. Diseño basado en cálculo (verificado o no con ensayos)
    - 4.2.4. Ensayo a escala real
    - 4.2.5. Características esenciales
      - 4.2.5.1. Resistencia a compresión del hormigón
      - 4.2.5.2. Resistencia última a tracción y límite elástico (del acero)
      - 4.2.5.3. Resistencia mecánica (mediante cálculo)
      - 4.2.5.4. Resistencia al fuego (para la capacidad portante)
      - 4.2.5.5. Índice de aislamiento al ruido transmitido por el aire o índice de transmisión de ruido por impacto
      - 4.2.5.6. Detalles constructivos
      - 4.2.5.7. Durabilidad



## 4.3. Control de Producción en Fábrica

### 4.3.1. Organización

### 4.3.2. Sistema de control

### 4.3.3. Control de documentos

### 4.3.4. Control del proceso

### 4.3.5. Inspección y ensayo

#### 4.3.5.1. Inspección de equipo

#### 4.3.5.2. Inspección de materiales

#### 4.3.5.3. Inspección del proceso

#### 4.3.5.4. Inspección del producto terminado

#### 4.3.5.5. Reglas de cambio

## 4.4. Ensayos adicionales de las muestras tomadas en fábrica

## 5. Evaluación de la Conformidad por una tercera parte

### 5.1. Inspección inicial

### 5.2. Vigilancia, evaluación y aprobación continua

## 6. Certificado de conformidad y declaración prestaciones

### 6.1. Declaración de prestaciones (del fabricante)

### 6.2. Certificado de conformidad CE (del Organismo Notificado)

### 6.3. Mercado CE y etiquetado

## ANEXOS INFORMATIVOS

Anexo A. Relación de normas a las que se hace referencia desde la Norma UNE-EN 1168

Anexo B. Organismos Notificados

Anexo C. El mercado CE dentro de la EHE-08

### C.1. Generalidades

### C.2. Los productos con marcado CE dentro de la EHE-08

### C.3. Coeficientes de ponderación de la resistencia del hormigón y acero

Anexo D. Ensayo a escala real

Anexo E. El nuevo Reglamento Europeo de Productos de Construcción



## 0. Objeto de la guía

---

Este documento pretende servir de instrumento de ayuda a aquellos fabricantes de placas alveolares de hormigón prefabricado para su uso en forjados y cubiertas, y que comercializan estos productos en Europa, a cumplir el anexo ZA de la norma UNE-EN 1168:2006+A3:2012, referente a la evaluación de conformidad y al marcado CE, con el fin de satisfacer los requisitos normativos y reglamentarios que le son aplicables.

Esta guía y el resto de documentación relativa al mercado CE, han sido desarrolladas por **ANDECE** con la colaboración de los **Organismos Notificados españoles** y con la supervisión final de la Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa del **Ministerio de Industria, Energía y Turismo**, quien ha dado su aval por escrito como documentos válidos de ayuda.

+info sobre mercado CE en web de ANDECE:

<http://www.andece.org/index.php/reglamentacion-general/marcadocegeneral>

Como complemento a este documento, se recomienda al usuario la lectura de "El mercado CE en los prefabricados de hormigón estructurales", donde se aborda de manera más general qué representa el mercado CE en estos productos.



## 1. Procedimiento general de marcado CE

La secuencia de acciones que se deben llevar a cabo para poder comercializar aquellas placas alveolares con obligación de marcado CE, podría ser la que se expone en el esquema siguiente:

AGENTE	ACCIÓN	CAPÍTULO DE LA GUÍA
FABRICANTE	¿El producto prefabricado de hormigón está dentro del campo de aplicación de la Norma UNE-EN 1168:2006?	2. Marcado CE de las placas alveolares
	El fabricante debe elegir la aplicación de uno de los métodos siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Método 1: declaración de los datos geométricos y de las propiedades de los materiales.</li> <li>- Método 2: Declaración del valor de las propiedades de producto</li> <li>- Método 3: Declaración de la conformidad con las especificaciones de diseño dadas.               <ul style="list-style-type: none"> <li>o Diseño total del cliente: método 3a.</li> <li>o Diseño del fabricante con método impuesto por el cliente: método 3b.</li> </ul> </li> </ul>	4.1. Elección del método de marcado CE
	Los ensayos iniciales de tipo del producto los realiza el fabricante bajo su responsabilidad, en un laboratorio que disponga de competencia técnica adecuada para la realización de los ensayos y que esté suficientemente equipado y con los equipos debidamente calibrados, y que puede ser el propio o uno subcontratado. El fabricante debe a su vez disponer de un <u>sistema de control de producción en fábrica</u> y realizar <u>ensayos adicionales de muestras tomadas en fábrica</u> .	4.2. Ensayo inicial de tipo 4.3. Control de producción en fábrica 4.4. Ensayos adicionales sobre muestras tomadas en fábrica
ORGANISMO NOTIFICADO	En el sistema 2+ el fabricante está obligado a presentar su sistema de control de producción en fábrica a un tercero (Organismo Notificado), para que sea certificado por éste, en base a una inspección inicial de la fábrica y del propio control del producción en fábrica y de la vigilancia, evaluación y aprobación continua del control de producción en fábrica mediante auditorías anuales periódicas.	5. Tareas del Organismo Notificado
		Anexo B. Organismos Notificados

Cuando se alcance la conformidad con los requisitos del anexo ZA de la Norma UNE-EN 1168:

AGENTE	DOCUMENTACIÓN	CAPÍTULO DE LA GUÍA
FABRICANTE	Declaración de Prestaciones que le autoriza a fijar el Marcado CE	6.1. Declaración de prestaciones
	Fijación del marcado CE	6.3. Marcado CE y etiquetado
ORGANISMO NOTIFICADO	Certificado de conformidad del control de producción en fábrica	6.2. Certificado de conformidad del CPF



## 2. Marcado CE de las placas alveolares

### 2.1. Objeto, campo de aplicación y definiciones de la Norma UNE-EN 1168

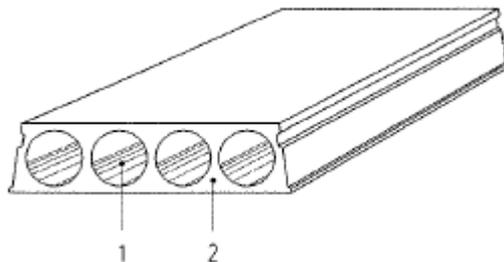
- ✓ Capítulo 1 UNE-EN 1168: Objeto y campo de aplicación.
- ✓ Capítulo 3 UNE-EN 1168: Términos y definiciones.

El primer paso que debe realizar el fabricante es averiguar si su producto está dentro del objeto y campo de aplicación de la norma.

La norma europea UNE-EN 1168 especifica los requisitos y los criterios básicos de comportamiento, así como los valores mínimos cuando proceda, para las placas alveolares prefabricadas, hechas de hormigón pretensado o armado de densidad normal, según la Norma Europea EN 1992-1-1:2004.

#### Placa alveolar

Elemento monolítico pretensado o armado, con un canto total constante, dividido en una placa superior e inferior (denominadas alas), unidas por almas verticales, formando así alveolos como huecos longitudinales en la sección transversal, que es constante y presenta un eje vertical simétrico.



#### Leyenda

- 1 Alveolo
- 2 Alma

Las placas tienen bordes laterales provistos con un perfil acanalado para crear una llave a cortante que transfiere el esfuerzo cortante a través de las juntas de las piezas contiguas. Para el efecto diafragma, las juntas tienen que funcionar como juntas horizontales a cortante. Pueden disponerse acanaladuras verticales para mejorar esta acción.

Los elementos se producen en fábrica por extrusión, encofrado deslizante o moldeo. Durante la fase de producción o posteriormente, se pueden hacer placas accesorias (elementos estrechos de placa) y huecos a las placas alveolares. Las placas alveolares pueden disponer de medidas para la activación térmica, la calefacción, la refrigeración, el aislamiento acústico, etc. Debido a estas medidas, la temperatura del hormigón permanece en su rango natural.

Esta Norma Europea trata además con los elementos de placa macizas utilizados conjuntamente con las placas alveolares y que se fabrican por extrusión, encofrado deslizante o moldeado, equivalentes a la fabricación de placas alveolares. Estas placas macizas tienen la misma sección total transversal que las placas alveolares, aunque sin los alveolos.



La aplicación de la norma está limitada para elementos pretensados de canto máximo de 500 mm y para elementos armados de canto máximo de 300 mm.

Para ambos tipos, la anchura máxima sin armadura transversal está limitada a 1.200 mm y con armadura transversal a 2.400 mm.

*NOTA: Estas limitaciones no pretenden prohibir la aplicación de elementos con dimensiones mayores, pero la experiencia no es todavía suficientemente amplia para elaborar reglas de diseño normalizadas.*

Los elementos se pueden usar actuando de forma conjunta con una capa de compresión estructural moldeada *in situ* sobre la pieza.

En esta Norma Europea se tratan las propiedades del material y otros requisitos **para forjados y cubiertas**, incluyendo áreas de tráfico para vehículos en las categorías F y G de la Norma Europea EN 1991-1, las cuales no están sujetas a cargas de fatiga. Para edificios en zonas sísmicas se dan prescripciones adicionales en la Norma Europea EN 1998-1.

*NOTA: Para uso especial en muros y otras aplicaciones véanse las normas de producto correspondientes para posibles requisitos adicionales (caso de placas alveolares para muros, la norma a seguir es la UNE-EN 14992).*

Esta norma no trata asuntos complementarios. Por ejemplo, las placas no deberían usarse en forjados sin protección adicional contra la penetración de agua.

*NOTA: Actualmente se está en proceso de revisión de las normas para adaptarlas al Reglamento europeo de Productos de Construcción, por lo que aún podemos encontrarnos con la terminología que aparecía con la anterior Directiva.*

## 2.2. Nuevas placas en la norma

Se añaden tres nuevas tipologías en el alcance de la nueva versión de la Norma (addendum A3):

### Placa maciza

Placa de la misma sección transversal total que una placa alveolar en la que durante la fabricación no se producen huecos (Figura 1 B). Esta placa se fabrica de la misma forma (máquina, bancada, ...) que las placas alveolares con huecos.

*NOTA Las placas alveolares cuyos huecos se rellenan con hormigón después de la fabricación del elemento alveolado, no se pueden considerar como placas macizas.*

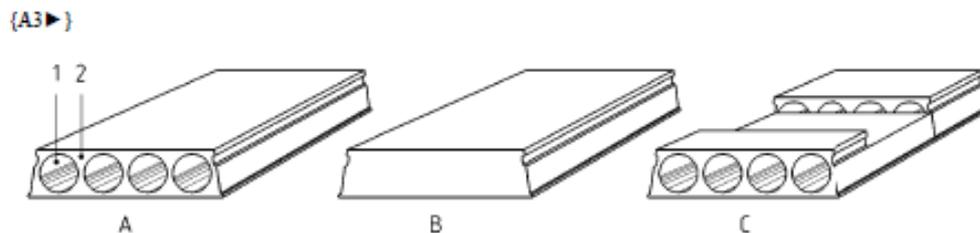
### Placa combinada

Placa alveolar que tiene parcialmente una sección transversal maciza (Figura 1 C). El canto de la sección transversal puede variar por encima de la longitud del elemento.

### Placa accesoria

Placa cortada de una placa normal con una anchura  $\geq 250$  mm con al menos dos almas.





Leyenda

- A Placa alveolar
- B Placa maciza
- C Placa combinada
- 1 Alveolo
- 2 Alma

Figura 1 – Tipos de placas alveolares (ejemplos) { A3 }

## 2.3. Fechas de aplicación del marcado CE

El fabricante debe conocer si el marcado CE de su producto es voluntario o si por el contrario ya es obligatorio. En el caso de la Norma UNE-EN 1168:2006 "Placas alveolares", el **mercado CE de los productos objeto de la misma es obligatorio desde el 1 de marzo de 2008** e implica que los fabricantes que quieran poner en el mercado los productos que están dentro del alcance de esta Norma, deberán hacerlo con dicho marcado.

Desde la primera edición de la norma, se han aprobado tres modificaciones o addendums.

	Fechas de aplicación marcado CE	
	Voluntario	Obligatorio
UNE-EN 1168:2006	<del>1</del> /03/06	1/03/08
UNE-EN 1168:2006 + A1:2009	<del>1</del> /01/09	1/01/10
UNE-EN 1168:2006 + A2:2010	<del>1</del> /12/09	1/12/10
UNE-EN 1168:2006 + A3:2012	<del>1</del> /07/12	1/07/13

Para el marcado CE, es obligatorio el cumplimiento de las partes a las que se haga referencia desde el Anexo ZA de la versión en vigor: en este caso, la UNE-EN 1168:2006+A3:2012, obligatoria desde el 1 de julio de 2013.

## 2.4. Anexo ZA de la UNE-EN 1168

### ✓ ZA.1 UNE-EN 1168: Objeto, campo de aplicación y características relevantes

Como ya se ha adelantado, el marcado CE no implica el total cumplimiento de la Norma Europea correspondiente; sólo son de obligado cumplimiento los aspectos que se determinan en el Anexo ZA de la misma.



El anexo ZA establece las condiciones del mercado CE de las placas alveolares fabricadas en hormigón armado o pretensado, para la construcción de estructuras de edificios y otras obras de ingeniería civil excepto puentes.

En el apartado ZA.1. se establecen las características que hay que declarar con el mercado CE, incluyendo los métodos de cálculo o ensayo que hay que emplear, todo ello mediante referencia a los apartados y anexos de la propia norma.

*Tabla ZA.1 - Capítulos relativos a los requisitos esenciales aplicables*

Características relevantes		Capítulos de requisitos en esta norma	Niveles y/o clases	Notas y unidades
Resistencia a compresión del hormigón	Todos los métodos	4.2 Requisitos de producción	Ninguno	N/mm <sup>2</sup>
Resistencia última a tracción y límite elástico (del acero)	Todos los métodos	4.1.3. Acero de armar 4.1.4. Acero de pretensar, según UNE:EN 13369	Ninguno	N/mm <sup>2</sup>
Resistencia mecánica (mediante cálculo)	Método 1	Información indicada en ZA.3.2	Ninguno	Geometría y materiales
	Método 2	4.3.3 Resistencia mecánica	Ninguno	kNm, kN, kN/m
	Método 3	Especificaciones de diseño	Ninguno	
Resistencia al fuego (para la capacidad portante)	Método 1	Información indicada en ZA.3.2	R	Geometría y materiales
	Método 2	4.3.4. Resistencia al fuego	R	min
	Método 3	Especificaciones de diseño	R	
Aislamiento al ruido aéreo y transmisión del ruido por impacto	Todos los métodos	4.3.5. Propiedades acústicas	Ninguno	dB
Detalles constructivos	Todos los métodos	4.3.1. Propiedades geométricas 8. Documentación técnica	Ninguno	mm /
Durabilidad	Todos los métodos	4.3.7 Durabilidad	Ninguno	Condiciones ambientales

Método 1 = declaración de datos geométricos y propiedades de los materiales;

Método 2 = declaración del valor de las propiedades del producto;

Método 3 = declaración de conformidad con unas especificaciones de proyecto dadas.

Los requisitos relativos a una característica no son de aplicación en los Estados Miembros en los que no exista reglamentación al respecto para el uso previsto del producto. En este caso, los fabricantes que comercialicen sus productos en dichos Estados Miembros no están obligados a determinar, ni a declarar las prestaciones de sus productos en lo referente a dicha característica, y la información que acompaña al mercado CE (véase ZA.3) puede entonces incluir la opción "Prestación No Determinada" (PND). Sin embargo, esta opción no es aplicable cuando existe un límite umbral de la característica.



## 3. Procedimiento de evaluación de la conformidad de las placas alveolares

- ✓ ZA.2 UNE-EN 1168: Procedimiento de verificación de la conformidad de las placas alveolares.

### 3.1. Sistema de evaluación de la conformidad

El sistema de verificación de la conformidad de las placas alveolares, para las características relevantes indicadas, conforme a la Decisión de la Comisión (1999/94/CE) de 25 de enero de 1999, tal y como figura en el anexo III del mandato M/100 "Productos prefabricados de hormigón", dado que su uso previsto es estructural, es el sistema 2+.

En este sistema, los ensayos iniciales de tipo del producto los realiza el fabricante bajo su responsabilidad, en un laboratorio que disponga de competencia técnica adecuada para la realización de los ensayos y que esté suficientemente equipado y con los equipos debidamente calibrados, y que puede ser el propio o uno subcontratado, sin necesidad de que esté notificado o acreditado por ENAC (Entidad Nacional de Acreditación). El fabricante debe a su vez disponer de un sistema de control de producción en fábrica y realizar ensayos adicionales de muestras tomadas en fábrica.

En el sistema 2+ el fabricante está obligado a presentar su sistema de control de producción en fábrica a un tercero (Organismo Notificado), para que sea certificado por éste, en base a una inspección inicial de la fábrica y del propio control del producción en fábrica y de la vigilancia, evaluación y aprobación continua del control de producción en fábrica mediante auditorías anuales periódicas.

Sistema	Tareas del fabricante	Tareas del Organismo Notificado	Documentos
2+	<p>Ensayo inicial de tipo</p> <p>Control de Producción en fábrica (CPF)</p> <p>Ensayos adicionales de muestras tomadas en fábrica</p>	<p>Certificación del CPF sobre la base de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspección inicial de la fábrica y del CPF.</li> <li>- Vigilancia, evaluación y aprobación continua del CPF</li> </ul>	<p>Declaración de prestaciones del fabricante</p> <p>Certificado de conformidad del CPF emitido por el Organismo Notificado</p>

Con todo ello el fabricante debe realizar la "Declaración de Prestaciones" para el producto y el Organismo Notificado expide una "Certificación de conformidad del control de producción en fábrica".



## 3.2. Asignación de tareas para la verificación de la conformidad de las placas alveolares

La verificación de la conformidad de las placas alveolares para las características esenciales indicadas en la tabla ZA.1, debe estar basada en los procedimientos de evaluación de la conformidad indicados en la tabla ZA.3, que resultan de la aplicación de los capítulos de esta norma que se indican en la misma.

*Tablas ZA.3 Asignación de tareas para la verificación de la conformidad de las placas alveolares bajo el sistema 2+.*

Tareas del fabricante	Contenido de la tarea	Capítulos a aplicar para la evaluación de la conformidad
Ensayo inicial de tipo	Todas las características pertinentes de la tabla ZA.1. *	6.2. de la norma UNE-EN 13369
Control de Producción en fábrica (CPF)	Parámetros relativos a todas las características de la tabla ZA.1	6.3. y anexo A de la norma UNE-EN 13369
Ensayos adicionales sobre muestras tomadas en fábrica	- Resistencia mecánica - Todas las características pertinentes de la tabla ZA.1.	Elemento 1 de la tabla A.3. UNE-EN 1168, apartado 6.2.3. de la norma UNE-EN 13369

\* Para la resistencia al fuego (cuando se verifique mediante ensayo), los ensayos debería realizarlos un laboratorio de ensayo.

Tareas del Organismo Notificado	Contenido de la tarea	Capítulos a aplicar para la evaluación de la conformidad	
Certificación del CPF en base a:	Inspección inicial de la fábrica y del CPF	Resistencia a compresión del hormigón	6.1.3.2.a) y 6.3. de la norma UNE-EN 13369
		Resistencia última a tracción y límite elástico del acero	
		Detalles constructivos	
		Durabilidad	
		Resistencia al fuego R (en caso de que se verifique mediante ensayo)	
	Vigilancia, evaluación y aprobación continua del CPF	Resistencia a compresión del hormigón	6.1.3.2.b) y 6.3. de la norma UNE-EN 13369
		Resistencia última a tracción y límite elástico del acero	
		Detalles constructivos	
		Durabilidad	
		Resistencia al fuego R (en caso de que se verifique mediante ensayo)	



## 4. Tareas del fabricante

### 4.1. Elección del método de Marcado CE

En primer lugar, el fabricante debe elegir la aplicación de uno de los métodos descritos a continuación:

#### 4.1.1. Método 1

- ✓ ZA 3.2 UNE-EN 1168: Declaración de los datos geométricos y de las propiedades de los materiales.
- ✓ Guía L Apartado 3.3.2.

Adecuado para productos de catálogo, normalmente sencillos, ofrecidos al mercado certificando sus características geométricas y los materiales empleados. El proyectista es responsable de su empleo adecuado y del cálculo y justificación de que se cumple con los requisitos esenciales según el uso a que se haya destinado.

El prefabricador suministra la definición del producto, mediante la declaración de las prestaciones mecánicas que acompaña al marcado CE: configuración geométrica de las piezas, mediante dibujo que incluya las dimensiones, diámetros de las armaduras, recubrimientos, distancias entre barras, doblados y empalmes necesarios, etc., así como las características mecánicas de los materiales componentes empleados.

Con todos estos datos, cualquier posible comprador puede verificar la adecuación del prefabricado estructural a sus necesidades mediante la utilización del método de cálculo establecido por la reglamentación vigente o el empleado en el proyecto de la estructura a la que tiene previsto incorporar el prefabricado estructural.

Un ejemplo muy ilustrativo de este método lo representan las propias placas alveolares, en el que cada fabricante suele tener un catálogo de productos estandarizado (clases determinadas de cantos con unos armados determinados para cada tipo de canto, con una-s resistencia-s característica-s definidas, etc.)

El método 1 permite utilizar perfectamente la normativa nacional (EHE-08).

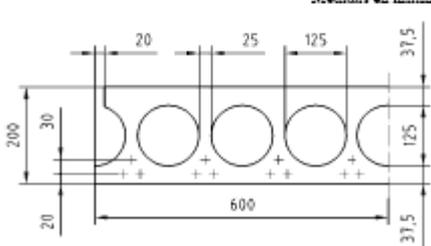
En referencia a la tabla ZA.1 y a la información citada en la lista de ZA.3.1, se deben declarar las siguientes propiedades:

- resistencia a compresión del hormigón;
- resistencia última a tracción del acero de armar;
- límite elástico a tracción del acero de armar;
- resistencia última a tracción del acero de pretensado;
- límite elástico característico a tracción al 0,1% del acero de pretensado;
- datos geométricos (únicamente las dimensiones críticas);
- condiciones para la durabilidad;
- posible referencia a la información técnica (catálogo de producto) para los detalles constructivos, la durabilidad y los datos geométricos.



La siguiente figura muestra, para un tipo de placa alveolar, el modelo de marcado CE que incluye la información necesaria para determinar, según la reglamentación en materia de diseño válida en el lugar de utilización, las propiedades relativas a la resistencia mecánica y estabilidad y resistencia al fuego, incluyendo los aspectos de durabilidad y adecuación al servicio.

*Figura ZA.2 – Ejemplo de marcado CE con Método 1*

 0123
Compañía, Dirección  09  0123-CPD-0456
EN 1168  Placas alveolares para forjados
PLACA ALVEOLAR PRETENSADA (para forjados) Hormigón: Resistencia a compresión $f_{ck} = 60 \text{ N/mm}^2$ Acero de pretensado: Resistencia última a tracción $f_{pk} = 1\ 860 \text{ N/mm}^2$ Límite elástico convencional al 0,1% $f_{p0,1k} = 1\ 580 \text{ N/mm}^2$  Medidas en milímetros   longitud $L = 4\ 800 \text{ mm} \pm 25 \text{ mm}$ cordones $8 \times 3$ (3W $\Phi$ 5,2 – Fe 1 860) baja relajación $\zeta_{1\ 000} = 2,5\%$ tesado inicial $\sigma_{pi} = 1\ 420 \text{ N/mm}^2$ Longitud del cordón que sobresale $l = 0 \text{ mm}$  Para los detalles constructivos y la durabilidad, véase la información técnica Información técnica: Catálogo de producto ABC: 2002 - capítulo ii

El marcado de conformidad CE, consistente en el símbolo "CE" establecido en la Directiva 93/68/CEE

Identificación del Organismo de Certificación

Nombre o marca comercial y dirección registrada del fabricante

Los dos últimos dígitos del año en que se fijó el marcado CE del producto

Número del certificado CPF

Número y título de esta Norma Europea

Nombre genérico y uso previsto

Información acerca de la geometría del producto y las características de los materiales incluyendo los detalles constructivos (para que el fabricante las adapte al producto específico)

NOTA: Los valores numéricos son sólo un ejemplo

NOTA: El esquema se puede omitir si se proporciona una información equivalente en la información técnica (catálogo de producto) claramente identificada a la que se haga referencia.



## 4.1.2. Método 2

- ✓ ZA 3.3 UNE-EN 1168: Declaración de las propiedades de producto
- ✓ Guía L Apartado 3.3.2.

Adecuado para productos de catálogo, normalmente sencillos, ofrecidos al mercado certificando sus características geométricas, de materiales empleados y las requeridas por el Mandato bajo el que se prepara la Norma, con respecto al cumplimiento de los Requisitos esenciales y que este Mandato especifica que para estos productos debe proporcionar y certificar el fabricante.

El prefabricador es responsable de estos valores y de su obtención, bien mediante ensayos o cálculo, todo ello de acuerdo con los Eurocódigos, e indicando los parámetros de determinación nacional (PDN) utilizados.

Este método puede ser aconsejable en productos que se venden a otros países.

Para todos los datos de proyecto, incluyendo los modelos y los parámetros empleados en los cálculos, puede hacerse referencia a la documentación técnica (de proyecto).

En referencia a la tabla ZA.1. y a la información incluida en la lista del apartado ZA.3.1., se deben declarar las siguientes propiedades (cuando proceda):

- resistencia a compresión del hormigón;
- resistencia última a tracción del acero de armar;
- límite elástico a tracción del acero de armar;
- resistencia última a tracción del acero de pretensado;
- límite elástico convencional a tracción al 0,1% del acero de pretensado;
- resistencia mecánica última del elemento (valores de diseño para situaciones no sísmicas) con la resistencia a compresión axial para algunas excentricidades o la resistencia a momento flector y la resistencia a esfuerzo cortante de las secciones críticas;
- coeficientes de seguridad para el hormigón y el acero utilizados en el cálculo;
- clase R de resistencia al fuego;
- otros Parámetros de Determinación Nacional (PDN) utilizados en los cálculos;
- parámetros de aislamiento acústico (aislamiento al ruido aéreo y transmisión del ruido de impacto);
- condiciones para la durabilidad;
- posible referencia a la documentación técnica para los datos geométricos, los detalles constructivos, la durabilidad, otros PDN y parámetros de aislamiento acústico.

Los valores de diseño de la resistencia mecánica última del elemento y de la clase de resistencia al fuego deben calcularse utilizando, para los PDN, o los valores recomendados en las Normas Europeas EN 1992-1-1:2004 y EN 1992-1-2:2004, o los valores indicados en el anexo nacional de los Eurocódigos aplicables a las obras.

La siguiente figura muestra, para placas alveolares armadas o pretensadas, el modelo de marcado CE a emplear en el caso en el que las propiedades relativas a la resistencia mecánica y estabilidad y la resistencia al fuego sean determinadas mediante los Eurocódigos.



Figura ZA.3 – Ejemplo de marcado CE con Método 2

 0123	
Compañía, Dirección	
09	
0123-CPD-0456	
EN 1168	
Placas alveolares para forjados	
PLACA ALVEOLAR PRETENSADA/ARMADA (para forjados)	
Hormigón:	
Resistencia a compresión	$f_{ck} = xx \text{ N/mm}^2$
Acero de armar:	
Resistencia última a tracción	$f_{tk} = yyy \text{ N/mm}^2$
Límite elástico	$f_{yk} = zzz \text{ N/mm}^2$
Acero de pretensado:	
Resistencia última a la tracción	$f_{pk} = uuu \text{ N/mm}^2$
Límite elástico convencional al 0,1%	$f_{p0,1k} = www \text{ N/mm}^2$
Resistencia mecánica (valores de diseño):	
Resistencia al momento flector (de la sección media)	mmm kNm
Resistencia a cortante (de las secciones de los extremos)	vvv kN
Factores de seguridad del material aplicados en el cálculo de la resistencia:	
Para el hormigón $\gamma_c = z,zz$	
Para el acero $\gamma_s = x,xx$	
Resistencia al fuego RXX para $\eta_R = 0,xx$	
RYY para $\eta_R = 0,yy$	
Para los datos geométricos, detalles constructivos, durabilidad, parámetros de aislamiento acústico, posible información complementaria sobre resistencia al fuego y otros PDN, véase la documentación técnica.	
Documentación técnica:	
Número de posición xxxxxx	

El marcado de conformidad CE, consistente en el símbolo "CE" establecido en la Directiva 93/68/CEE

Identificación del Organismo de Certificación

Nombre o marca comercial y dirección registrada del fabricante

Los dos últimos dígitos del año en que se fijó el marcado CE del producto

Número del certificado CPF

Número y título de esta Norma Europea

Nombre genérico y uso previsto

Información acerca de las características mandadas del producto incluyendo los detalles constructivos (para que el fabricante las adapte al producto específico)

NOTA: Los parámetros de la resistencia mecánica se refieren al elemento prefabricado sin ninguna parte adicional ejecutada in situ

NOTA: Los valores de la resistencia al fuego pueden sustituirse por una referencia a la parte correspondiente de la documentación técnica



### 4.1.3. Método 3

- ✓ ZA 3.4 UNE-EN 1168: Declaración de la conformidad con una especificación de proyecto dada.

Adecuado para productos realizados para un proyecto concreto. El prefabricador es responsable de la calidad de los materiales y de su ejecución de acuerdo con los planos y las especificaciones de proyecto.

Puede aplicarse en dos casos diferentes:

- Diseño total del cliente: método 3a.
- Diseño del fabricante con una especificación de diseño dada por el fabricante de acuerdo a una orden del cliente: método 3b.

#### 4.1.3.1. Método 3a

- ✓ Guía L Apartado 3.3.4.a.

Este es el caso de una declaración de producto conforme a unos requerimientos de proyecto (especificaciones de diseño, planos, materiales, dimensiones, armados, etc.) dadas por completo por el cliente o proyectista. Son, en definitiva, piezas diseñadas por un proyectista distinto del prefabricador y realizadas según un proyecto concreto facilitado por el cliente.

El fabricante se limita a producir el encargo que recibe, sin intervenir en su proyecto, por lo que no se responsabiliza de los requerimientos impuestos.

Por otro lado, el fabricante debe informar al cliente de aquellos cambios (dimensiones, armado, etc.) que pudiese necesitar introducir con motivo de las medidas adicionales que deben considerarse para el traslado y la colocación de las piezas, y cerciorarse de que el proyectista ha tenido en cuenta los esfuerzos a que van estar sometidas las piezas en estas fases. En todo caso, el fabricante siempre debe solicitar la aprobación del cliente si no desea asumir la responsabilidad derivada de los cambios introducidos ni del comportamiento final de las piezas como consecuencia de ello.

Es conveniente además, que el proyectista sea informado y reciba justificación de las adiciones, aditivos, etc., que el fabricante tenga previsto emplear durante el proceso de fabricación.

En referencia a la tabla ZA.1. y la información citada en la lista del apartado ZA.3.1.1., se deben declarar las siguientes propiedades:

- resistencia a compresión del hormigón;
- resistencia última a tracción del acero de armar (si se usa);
- límite elástico del acero de armar (si se usa);
- resistencia última a tracción del acero de pretensado (si se usa);
- límite elástico convencional a tracción al 0,1% del acero de pretensado (si se usa);
- referencia a los documentos de diseño proporcionados por el cliente.



Este método también se aplica en el caso de un diseño realizado con otros medios distintos a los Eurocódigos (por ejemplo, normativa nacional: EHE-08).

La siguiente figura muestra, para las placas alveolares armadas o pretensadas, un modelo de marcado CE a emplear en el caso de que el producto se fabrique de acuerdo a las especificaciones de proyecto en el que las propiedades relativas a la resistencia mecánica y la estabilidad y la resistencia al fuego se determinen mediante disposiciones de proyecto aplicables a las obras.

*Figura ZA.4 – Ejemplo de marcado CE con Método 3a*

 0123	
Compañía, Dirección	
09	
0123-CPD-0456	
EN 1168	
Placas alveolares para forjados	
PLACA ALVEOLAR PRETENSADA/ARMADA (para forjados)	
Hormigón:	
Resistencia a compresión	$f_{tk} = xx \text{ N/mm}^2$
Acero de armar:	
Resistencia última a tracción	$f_k = yyy \text{ N/mm}^2$
Límite elástico	$f_{yk} = zzz \text{ N/mm}^2$
Acero de pretensado:	
Resistencia última a tracción	$f_{pk} = uuu \text{ N/mm}^2$
Límite elástico convencional al 0,1%	$f_{p0,1k} = www \text{ N/mm}^2$
Para los datos geométricos, detalles constructivos, resistencia mecánica, resistencia al fuego, parámetros de aislamiento acústico y durabilidad, véanse las especificaciones de diseño.	
Especificación de diseño proporcionada por el cliente:	
Referencia.....(número de archivo)	

El marcado de conformidad CE, consistente en el símbolo "CE" establecido en la Directiva 93/68/CEE

Identificación del Organismo de Certificación  
Nombre o marca comercial y dirección registrada del fabricante

Los dos últimos dígitos del año en que se fijó el marcado CE del producto

Número del certificado CPF

Número y título de esta Norma Europea

Nombre genérico y uso previsto

Información acerca de las características mandadas del producto incluyendo los detalles constructivos (para que el fabricante las adapte al producto específico)



### 4.1.3.2. Método 3b

✓ Guía L Apartado 3.3.4.b.

Este es el método empleado en aquellos casos de encargos realizados por un cliente (contratista, proyectista, etc.) que ha proyectado la estructura, pero sólo ha hecho un predimensionado de los elementos, por lo que dentro del encargo se incluye la realización del proyecto de las piezas y su dimensionado para encajarlos en la estructura.

El fabricante debe realizar el proyecto de los prefabricados estructurales bien empleando los métodos propuestos por la norma armonizada o bien, en caso de que el cliente se lo imponga, empleando el método utilizado por el proyectista de la obra en el cálculo del resto de la estructura.

En este caso, el fabricante debe exigir al cliente que le indique, por escrito, el método de cálculo que desea que se emplee, las acciones previstas así como las especificaciones de los componentes (hormigón, acero, etc.), que desea que se utilicen.

Es, en definitiva, el caso en el que el prefabricador asume simultáneamente las responsabilidades de fabricante y proyectista.

En referencia a la tabla ZA.1. y la información citada en la lista del apartado ZA.3.1.1., se deben declarar las siguientes propiedades:

- resistencia a compresión del hormigón;
- resistencia última a tracción del acero de armar (si se usa);
- límite elástico del acero de armar (si se usa);
- resistencia última a tracción del acero de pretensado (si se usa);
- límite elástico convencional a tracción al 0,1% del acero de pretensado (si se usa);
- referencia a los documentos de diseño de acuerdo al pedido y trato con el cliente, cuando se requiera, con datos geométricos, detalles constructivos, resistencia mecánica, resistencia al fuego, aislamiento acústico y durabilidad.

Este método también se aplica en el caso de un diseño realizado con otros medios distintos a los Eurocódigos (por ejemplo, normativa nacional: EHE-08).

La siguiente figura muestra, para las placas alveolares armadas o pretensadas, un modelo de marcado CE a emplear en el caso de que el producto se fabrique de acuerdo a las especificaciones de proyecto en el que las propiedades relativas a la resistencia mecánica y la estabilidad y la resistencia al fuego se determinen mediante disposiciones de proyecto aplicables a las obras.



Figura ZA.5 – Ejemplo de marcado CE con Método 3b

 0123	
Compañía, Dirección	
09	
0123-CPD-0456	
EN 1168	
Placas alveolares para forjados	
PLACA ALVEOLAR PRETENSADA/ARMADA (para forjados)	
Hormigón:	
Resistencia a compresión	$f_{tk} = xx \text{ N/mm}^2$
Acero de armar:	
Resistencia última a tracción	$f_{tk} = yyy \text{ N/mm}^2$
Límite elástico	$f_{yk} = zzz \text{ N/mm}^2$
Acero de pretensado:	
Resistencia última a tracción	$f_{pk} = uuu \text{ N/mm}^2$
Límite elástico convencional al 0,1%	$f_{p0,1k} = www \text{ N/mm}^2$
Para los datos geométricos, detalles constructivos, resistencia mecánica, resistencia al fuego, parámetros de aislamiento acústico y durabilidad, véanse las especificaciones de diseño.	
Especificación de diseño:.....(pedido del cliente)	

El marcado de conformidad CE, consistente en el símbolo "CE" establecido en la Directiva 93/68/CEE

Identificación del Organismo de Certificación  
Nombre o marca comercial y dirección registrada del fabricante

Los dos últimos dígitos del año en que se fijó el marcado CE del producto

Número del certificado CPF

Número y título de esta Norma Europea

Nombre genérico y uso previsto

Información acerca de las características mandadas del producto incluyendo los detalles constructivos (para que el fabricante las adapte al producto específico)

Para los tres métodos, además de la información específica relativa a sustancias peligrosas, el producto debería ir acompañado, cuando y donde se requiera y en la forma apropiada, de la documentación en la que se relacione cualquier otra reglamentación sobre sustancias peligrosas, cuyo cumplimiento se requiera, con la información requerida por dicha reglamentación. Sin embargo, la reglamentación nacional sobre sustancias peligrosas no afecta a los productos contemplados en esta Norma.



## 4.2. Ensayo inicial de tipo

- ✓ 6.2. UNE-EN 13369: Ensayo de tipo.

### 4.2.1. Generalidades

Los ensayos iniciales de tipo del producto considerado tienen la función de establecer las características y prestaciones básicas del producto para su marcado CE como representativos de la producción normal. Se realizarán una sola vez en tanto en cuanto se mantengan invariables las características de fabricación del producto.

El ensayo de tipo consiste en someter a una muestra representativa de un producto y/o probetas a los ensayos y/o cálculos pertinentes para comprobar las propiedades. En el caso de verificación de las características por cálculo, se somete a un modelo representativo del producto a los cálculos pertinentes para determinar sus propiedades o para verificar que se cumplen las previstas.

### 4.2.2. Definición de tipo

La norma UNE-EN 1168 no establece la definición de tipo dejándose a criterio del fabricante. Se podrán por tanto agrupar las placas alveolares en las familias que el fabricante considere más convenientes (relacionadas con los distintos requisitos del ensayo de tipo) y en las que se supone que el valor de una propiedad determinada es común a todos los productos pertenecientes a dicha familia. Los tipos surgen de todas las combinaciones posibles de dichas familias.

### 4.2.3. Diseño basado en cálculo (verificado o no con ensayos)

Las dimensiones y singularidad de las placas alveolares, con la ayuda de los programas informáticos de cálculo, hacen que la forma más económica de determinar las prestaciones mecánicas sea mediante la aplicación de métodos de cálculo.

Si bien los métodos de cálculo propuestos como primera opción por la norma UNE- EN 1168 son los establecidos en los Eurocódigos, es conveniente estar en disposición de poder emplear los distintos métodos de cálculo que puedan necesitarse para hacer frente a los encargos recibidos, sobre todo aquéllos de clientes con necesidades específicas; por ejemplo, las placas destinadas a obras proyectadas con métodos de cálculo distintos de los métodos de los Eurocódigos, como es el caso de estructuras proyectadas empleando los métodos de la Instrucción EHE, a las que las placas alveolares pueden tener que adaptarse.

Por ello es importante que el fabricante disponga en la propia fábrica o mediante contrato externo de personal y de instrumentos y medios informáticos que permitan y faciliten la ejecución de los cálculos necesarios para llevar a cabo la determinación de ciertas características de forma ágil y rápida (por ejemplo, para la determinación de unas fichas técnicas similares a las que se han presentaban con las Autorizaciones de Uso, pudiendo aportar otra información adicional tal como prestaciones acústicas, resistencia a fuego o incluso, aislamiento térmico).



Otra posibilidad es utilizar ensayos compartidos, es decir, aprovechar los resultados de los ensayos realizados por otros fabricantes para un mismo tipo de producto, siempre con la aprobación de estos últimos.

#### 4.2.4. Ensayo a escala real

La comprobación mediante ensayos que complementan la verificación mediante cálculo es posible y se considera como método complementario al resultar una alternativa cara debido a los costes que conllevan estas pruebas (ver 4.2.4.3. de la presente guía).

No obstante, las propiedades adoptadas del hormigón para el cálculo de la resistencia a cortante dependen de las condiciones de funcionamiento de la máquina de producción; de esta forma, el Anexo J (normativo) (ver Anexo D de la presente guía) define un método de ensayo a escala real para contrastar la resistencia a cortante obtenida por cálculo y el funcionamiento correcto de la máquina de producción.

##### ✓ 6.2.1. UNE-EN 1168: Ensayo de tipo. Generalidades.

Consiguientemente con los apartados 4.2 "Requisitos de la producción" y 4.3.3.3 "Verificación por cálculo asistido por ensayo físico", las placas alveolares se deben someter a un ensayo de tipo a escala real conforme al Anexo J (ver Anexo D de la presente guía). No se requiere un ensayo más a escala real en el molde del control de producción en fábrica (véase apartado 6.3) si los resultados de los ensayos están de acuerdo a los valores calculados después del apartado J.5.

Con objeto del ensayo de tipo a escala real, las placas alveolares fabricadas en las mismas clases de máquinas de producción, con la misma resistencia del hormigón y con una forma similar de los núcleos, pueden ser agrupadas en una misma familia de producto si el canto nominal  $h$  está en un rango de 50 mm y la anchura nominal relativa total del alma

$\sum b_{w-rel}$  de las secciones transversales está también en un rango de 50 mm.

NOTA 1 Las fronteras del rango de 50 mm pueden ser elegidas por el fabricante; por ejemplo, el canto de una familia de producto puede estar comprendido entre 150 a 200 mm, pero también entre 175 a 225 mm. El mismo principio se aplica a la anchura relativa total del alma.

NOTA 2 La anchura relativa total del alma  $\sum b_{w-rel}$  es igual a la anchura total del alma  $\sum b_w$  (en mm) (véase el apartado 4.3.1.1.1) dividida por la anchura de la placa (en m).

Si la instalación de fabricación consiste en dos o más máquinas de producción del mismo tipo, el ensayo de tipo puede limitarse a realizarse en una sola de las máquinas si queda demostrado que las otras máquinas tienen el mismo nivel de compactación que la otra, mediante ensayos de resistencia del hormigón sobre probetas muestreadas de la producción de cada máquina considerada según se describe en el apartado A.3, punto 10.

Los resultados del ensayo de escala real deben ser registrados después del apartado J.6.



## ✓ 6.2.2. UNE-EN 1168: Ensayo de tipo. Ensayo de tipo inicial.

Complementariamente al apartado 6.2.2 de la Norma EN 13369:2004 debe aplicarse lo siguiente:

El ensayo de tipo inicial conforme al Anexo J (ver Anexo D de la presente guía) debe ser realizado al comienzo de:

- una o más secciones transversales nuevas para comprobar la resistencia a cortante obtenida por cálculo;
- una instalación de fabricación nueva para comprobar el funcionamiento correcto de la-s máquina-s de producción.

El ensayo de tipo inicial debe ser realizado para cada sección transversal singular o si las secciones se agrupan en familias (véase el apartado 6.2.1), para la sección individual de cada familia.

Para cada sección transversal que sea ensayada:

- el nivel de pretensado o armado debe ser al menos el 75% del máximo nivel programado para la sección transversal indicada;
- deben ensayarse tres elementos idénticos y el criterio de fiabilidad del apartado J.5 debe comprobarse para los resultados individuales y la media.

*NOTA: Incluso para comprobar el funcionamiento adecuado de los equipos de hormigonado, la comprobación del criterio del apartado J.5 requiere el cálculo de la capacidad a cortante, independientemente o no de la declaración de las propiedades de resistencia mecánica dadas por el fabricante.*

Las secciones transversales pertenecientes a producciones en curso comercializadas legalmente a fecha de publicación de esta enmienda no deben ser consideradas como nuevas y deberán determinarse por tanto de los ensayos de tipo.



## 4.2.5. Características esenciales

### 4.2.5.1. Resistencia a compresión del hormigón

Característica esencial		Capítulos de requisitos en normas	Notas y unidades
Resistencia a compresión (del hormigón)	Todos los métodos	4.2.2.2. Resistencia a compresión UNE-EN 13369	N/mm <sup>2</sup>
<p>Viene definida por la Resistencia Potencial, que se ensaya a los 28 días.</p> <p>Pueden llevarse a cabo ensayos adicionales de resistencias previas a los 28 días cuando se requieran para los procesos de producción (pretensado, desmoldeo, elevación...).</p> <p>El fabricante puede utilizar para confirmar el valor de la resistencia potencial, la resistencia estructural directa (que debe determinarse mediante testigos perforados del producto acabado o mediante prismas cortados convertidos en probetas cúbicas o cilíndricas con los correspondientes factores de corrección) o la resistencia estructural indirecta (mediante probetas hechas con hormigón fresco, curado y almacenado en condiciones de fábrica lo más similares posibles al producto, siempre que un ensayo inicial haya determinado la correspondencia con la resistencia estructural directa).</p> <p>Para la determinación de la resistencia potencial se deben aplicar los apartados 5.5.1.1 y 5.1.1.2 de la Norma Europea EN 206-1:2000, que a su vez redirige a las normas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- UNE-EN 12350-1 Ensayos de hormigón fresco. Parte 1: Toma de muestras.</li> <li>- UNE-EN 12390-1 Ensayos de hormigón endurecido. Parte 1: Forma, medidas y otras características de las probetas y moldes.</li> <li>- UNE-EN 12390-2 Ensayos de hormigón endurecido. Parte 2: Fabricación y curado de probetas para ensayos de resistencia.</li> <li>- UNE-EN 12390-3 Ensayos de hormigón endurecido. Parte 3: Determinación de la resistencia a compresión de probetas.</li> </ul> <p>Factor de Conversión: La desviación de la resistencia estructural directa respecto a la resistencia potencial está cubierta por el factor de conversión <math>\eta = 0,85</math>, el cual está incluido en parte del valor del coeficiente de seguridad <math>\gamma_c</math> indicado en el apartado 2.4.1.4 de la Norma Europea EN 1992-1-1:2004 para los estados límite últimos (véase también el anexo C). Cuando se utilice la resistencia estructural, la comparación con la clase de resistencia exigida se hace multiplicando el valor ensayado por <math>1/\eta</math>.</p>			

*NOTA: El fabricante español puede optar voluntariamente por obtener el valor de la resistencia a compresión del hormigón con el procedimiento definido en el Art. 86.9. de la EHE-08, con lo que podrá trabajar con un coeficiente de minoración de la resistencia menor (ver anejo C de este documento).*



## 4.2.5.2. Resistencia última a tracción y límite elástico (del acero)

Característica esencial		Capítulos de requisitos en normas	Notas y unidades
Resistencia última a tracción y límite elástico (del acero)	Todos los métodos	4.1.3. Acero de armar UNE-EN 13369	N/mm <sup>2</sup>
		4.1.4. Acero de pretensar UNE-EN 13369	

### ACERO DE ARMAR

Las armaduras de acero (barras, bobinas y mallas electrosoldadas), deben ser conformes a lo indicado en la Norma Europea EN 10080, deben cumplir los requisitos para las clases técnicas especificadas para el producto prefabricado y, cuando proceda, deben satisfacer las propiedades recogidas en la Norma Europea EN 1992 1-1, cuando esta norma se utilice para el proyecto.

Las barras y alambres corrugados con diámetros comprendidos entre 6 mm y 14 mm (inclusive) que satisfagan las propiedades indicadas en el anexo N de la UNE-EN 13369, pueden utilizarse, en lo que se refiere a la anchura de la fisura, longitud de transmisión y el fallo a corte, en combinación con la Norma Europea EN 1992 1-1 y con las disposiciones nacionales.

Se pueden utilizar otros tipos de armaduras de acero conforme a normas o disposiciones nacionales aplicables válidas en el lugar de utilización del producto, siempre y cuando sean adecuadas para el uso previsto y tengan las propiedades exigidas.

### ACERO DE PRETENSAR

El acero pretensado (alambres, barras y cordones) debe ser conforme a lo indicado en los proyectos de Normas Europeas prEN 10138-1, prEN 10138-2, prEN 10138-3 Y prEN 10138-4 y, cuando sea pertinente, deben satisfacer las propiedades recogidas en la Norma Europea EN 1992 1-1, cuando esta norma se utilice para el proyecto.

Se pueden utilizar otros tipos de acero pretensado conforme a normas o disposiciones nacionales aplicables válidas en el lugar de utilización del producto.

El apartado 3.3.2 de la Norma Europea EN 1992-1-1:2004, proporciona información sobre la relajación del acero de pretensado.

El diámetro del acero de pretensado está limitado a:

- Clase 1: Elementos con acero de pretensado con un máximo de 11 mm para alambres y 16 mm para cordones;
- Clase 2: Elementos con barras con pretensado térmico con un máximo de 16 mm.

El uso de barras de pretensado térmico sólo se permite si se sigue de acuerdo al Anexo K.



## 4.2.5.3. Resistencia mecánica (mediante cálculo)

Característica esencial		Capítulos de requisitos en normas	Notas y unidades
Resistencia mecánica (mediante cálculo)	Método 1	Información indicada en ZA.3.2 UNE-EN 1168	Geometría y materiales
	Método 2	4.3.3. Resistencia mecánica UNE-EN 1168	kNm, kN, kN/m
		4.3.3. Resistencia mecánica UNE-EN 13369	
Método 3	Especificaciones de diseño UNE-EN 1168		
<b>Método 1</b>			
Declaración de datos geométricos y materiales.			
<b>Método 2</b>			
<b>UNE-EN 1168</b>			
<b>4.3.3.1 Generalidades</b>			
Se deben aplicar las siguientes directrices además del apartado 4.3.3 de la Norma EN 13369:2004.			
Cuando sea necesario, se deberían considerar en el diseño los efectos de las acciones dinámicas (por ejemplo, los impulsos) durante situaciones transitorias. En ausencia de un análisis más riguroso, esto se puede tener en cuenta multiplicando los efectos estáticos pertinentes por un factor adecuado. Para los efectos de acciones sísmicas, se usarán métodos de diseño apropiados.			
Se presentan reglas especiales para estructuras con placas alveolares en los anexos referentes a la distribución de cargas (anexo C), efecto diafragma (anexo D), momentos negativos (anexo E), resistencia a cortante de elementos compuestos (anexo F) y diseño de uniones (anexo H).			
{A2} El anexo J define el método de ensayo para la confirmación de la resistencia a cortante. {◀A2}			
<b>4.3.3.2 Verificación por cálculo</b>			
<b>4.3.3.2.1 Resistencia al {A1} desconchado {◀A1} para placas alveolares pretensadas</b>			
No se permiten fisuras horizontales por {A1} desconchado {◀A1} visibles en las almas.			
Las fisuras por {A1} desconchado {◀A1} se previenen aplicando uno de los siguientes requisitos de los puntos a) o b).			
a) para el alma en la que se generará la mayor tensión de {A1} desconchado {◀A1}, o para la sección total en el caso de que los cordones o alambres estén esencialmente bien distribuidos en toda la anchura del elemento, la tensión de {A1} desconchado {◀A1} $\sigma_{sp}$ debe cumplir la siguiente condición:			
$\sigma_{sp} \leq f_{ct}$			
con $\sigma_{sp} = \frac{P_0}{b_w e_0} \times \frac{15 \alpha_e^{2,3} + 0,07}{1 + \left(\frac{l_{pt1}}{e_0}\right)^{1,5} (1,3 \alpha_e + 0,1)}$			
y {A2} $\alpha_e = \frac{(e_0 - k)}{h} \geq 0$ {◀A2}			
donde			
$f_{ct}$ es el valor de la resistencia a la tracción del hormigón, deducida en el momento del destesado del pretensado, basado en los ensayos;			
{A3}			
$P_0$ es la fuerza inicial de pretensado justo después del destesado en el alma considerada o la fuerza de pretensado total de la placa en el caso de placas macizas;			
$b_w$ es el espesor de un alma individual o la anchura total $b$ de la placa en el caso de una placa maciza; {◀A3}			
$e_0$ es la excentricidad del acero de pretensado;			



$l_{\text{pet}}$  es el valor de diseño menor de la longitud de transmisión;

$k$  es el radio del alveolo tomado como igual a la relación entre el momento de inercia de la fibra inferior y el área neta de la sección transversal ( $I_{\text{f}}/A_{\text{c}}$ );

b) un diseño de mecánica de la rotura debe probar que no se producirán fisuras por {A1►} desonchado {◄A1}.

#### 4.3.3.2.2 Resistencia a cortante y torsión

##### 4.3.3.2.2.1 {A3►} Procedimiento general de verificación

La rotura a cortante de las placas alveolares sin armadura de cortante puede suceder tanto en zonas fisuradas a flexión como en zonas no fisuradas a flexión. Si una fisura a flexión aparece sobre la longitud de anclaje de la armadura, puede además que se produzca una rotura del anclaje. Deben considerarse todos los modos de rotura:

- 1) La resistencia a cortante en las zonas fisuradas debe calcularse usando las expresiones (6.2.a) y (6.2.b) de la Norma EN 1992-1-1:2004.
- 2) La resistencia a cortante en las zonas no fisuradas debe calcularse usando la expresión (6.4) de la Norma EN 1992-1-1:2004, teniendo en cuenta, cuando sean relevantes, las tensiones de cortante adicionales debidas a la transferencia de la fuerza de pretensado y refiriéndose a la posición más desfavorable en la sección transversal. En los apartados 4.3.3.2.2.2 y 4.3.3.2.2.3 se indica un procedimiento para aplicar este cálculo.

NOTA En el apartado 6.9.12 del CEB-FIP *Model Code 90* puede encontrarse también una guía sobre el cálculo de las tensiones de cortante adicionales en las zonas de anclaje de los tendones pretensados.

- 3) La resistencia contra la rotura del anclaje debe calcularse siguiendo el apartado 9.2.1.4 de la Norma EN 1992-1-1:2004.

En caso de apoyos flexibles, debe tenerse en cuenta el efecto reductor de las tensiones de cortante transversales sobre la resistencia a cortante.

En placas alveolares de canto superior a 450 mm, la resistencia a cortante, tanto en zonas fisuradas como en no fisuradas a flexión, debe reducirse un 10% con respecto a las ecuaciones y procedimientos descritos anteriormente.

##### 4.3.3.2.2.2 Resistencia a cortante en zonas no fisuradas

Las zonas no fisuradas a flexión se definen por una tensión de tracción a flexión menor a  $f_{\text{ctd},0}/y_c$ . Aquí, la resistencia cortante debe calcularse según la siguiente ecuación:

$$V_{\text{Rdc}} = \frac{I_{\text{w}}(y)}{S_{\text{c}}(y)} \left( \sqrt{(f_{\text{ctd}})^2 + \sigma_{\text{cp}}(y)f_{\text{ctd}}} - \tau_{\text{cp}}(y) \right)$$

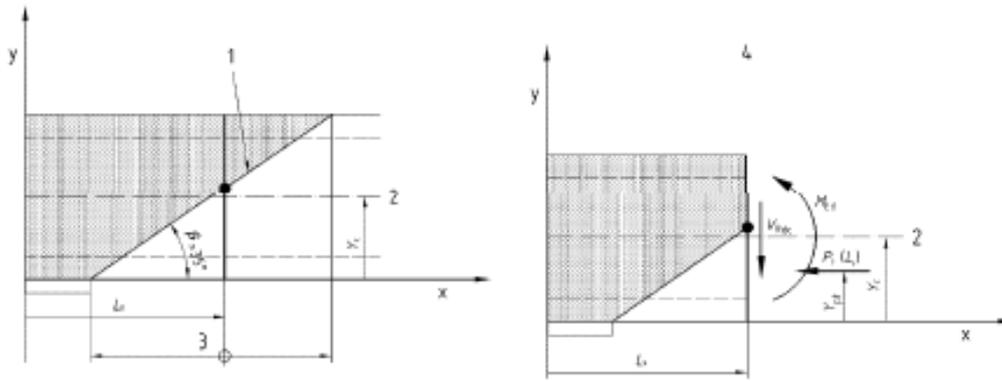
donde

$$\sigma_{\text{cp}}(y) = \sum_{i=1}^n \left[ \left[ \frac{1}{A_i} + \frac{(Y_c - y)(Y_c - Y_{\text{p}i})}{I} \right] \times P_i(u_x) \right] - \frac{M_{\text{Ed}}}{I} \times (Y_c - y) \quad (\text{positivo si está comprimido})$$

$$\tau_{\text{cp}}(y) = \frac{1}{b_{\text{w}}(y)} \times \sum_{i=1}^n \left[ \left[ \frac{A_{\text{c}}(y)}{A_i} - \frac{S_{\text{c}}(y) \times (Y_c - Y_{\text{p}i})}{I} + C_{\text{p}i}(y) \right] \times \frac{dP_i(u_x)}{dx} \right]$$

Esta ecuación se debe aplicar con referencia a los puntos críticos de una línea recta de rotura que surge del borde del apoyo con un ángulo  $\beta = 35^\circ$  respecto al eje horizontal. El punto crítico es aquel punto de la línea citada donde el resultado de la expresión de  $V_{\text{Rdc}}$  es el menor.





**Leyenda**

- 1 Línea de rotura
- 2 Altura del eje central
- 3 Sección transversal considerada
- 4 Fuerzas en la sección transversal considerada

**Figura 3 a) Línea de rotura**

**Figura 3 b) Fuerzas y momentos en la sección transversal considerada**

**Figura 3 – Estructura a cortante en las zonas no fisuradas**

A continuación se indica la definición de los símbolos:

- $I$  es el momento segundo del área de la sección transversal;
- $b_w(y)$  es la anchura del alma a la altura  $y$ ;
- $Y_c$  es la altura del eje central;
- $S_c(y)$  es el momento primero del área por encima de la altura  $y$  y entorno al eje central;
- $y$  es la altura del punto crítico sobre la línea de rotura;
- $l_c$  es la distancia del punto considerado sobre la línea de rotura desde el punto de inicio de la longitud de transmisión ( $= x$ );
- $\sigma_{cp}(y)$  es la tensión de compresión del hormigón a la altura  $y$  y a la distancia  $l_c$ ;
- $n$  es el número de capas de tendones;
- $A$  es el área de la sección transversal;
- $P_t(l_c)$  es la fuerza de pretensado en la capa de tendones considerada a una distancia  $l_c$ . Se debe tener en cuenta la transferencia del pretensado conforme al apartado 8.10.2.2 de la Norma EN 1992-1-1:2004;
- $M_{fd}$  es el momento flector debido a la carga vertical;
- $\tau_{cp}(y)$  es la tensión de cortante en el hormigón debida a la transmisión del pretensado a la altura  $y$  y a la distancia  $l_c$ ;



$A_c(y)$  es el área sobre la altura  $y$ ;

$C_{p_i}(y)$  es un factor que tiene en cuenta la posición de la capa de tendones considerada

$$C_{p_i} = -1 \text{ cuando } y \leq Y_{p_i}$$

$$C_{p_i} = 0 \text{ cuando } y > Y_{p_i}$$

$Y_{p_i}$  es la altura de la posición de la capa de tendones considerada.

#### 4.3.3.2.2.3 Expresión simplificada

Como alternativa a la expresión anterior, se puede aplicar la siguiente ecuación simplificada

$$V_{Rdc} = \varphi \frac{I_b w}{S} \sqrt{(f_{ctd})^2 + \beta \alpha_\ell \sigma_{cp} f_{ctd}}$$

donde

$I$  es el momento segundo del área;

$S$  es momento primero del área sobre y alrededor del eje central;

$b_w$  es la anchura de la sección transversal en el eje central;

$\alpha_\ell = l_t / l_{pt2}$  es el grado de transmisión del pretensado ( $\alpha_\ell \leq 1,0$ );

$l_t$  es la distancia de la sección considerada desde el punto de inicio de la longitud de transmisión;

$l_{pt2}$  es el valor superior de la longitud de transmisión (véase la expresión (8.18) de la Norma EN 1992-1-1:2004);

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A$  es la tensión de compresión total del hormigón en el eje central;

$f_{ctd} = f_{ctk0,05} / \gamma_c$  es el valor de cálculo de la resistencia a tracción del hormigón;

$\varphi = 0,8$  es el factor de reducción;

$\beta = 0,9$  es el factor de reducción referido a la longitud de transmisión.

No es necesario comprobar las secciones entre el borde del apoyo y la sección a una distancia de  $0,5 h$  desde este borde (donde  $h$  es el canto de la sección). {◀A3}

#### 4.3.3.2.2.4 {A3▶} Resistencia a cortante de los elementos sujetos a torsión

Si una sección se somete simultáneamente a cortante y a torsión, la resistencia a cortante  $V_{Rds}$  se debe calcular de la manera siguiente:

$$V_{Rds} = V_{Rdc} - V_{ETd}$$

en donde  $V_{ETd}$  es

$$V_{ETd} = \frac{T_{Ed}}{2b_w} \times \frac{\Sigma b_w}{(b - b_w)} \quad \text{para elementos alveolados}$$

o

$$V_{ETd} = T_{Ed} \times \frac{(3 + 1,8 \times b / h)}{b} \quad \text{para elementos macizos}$$



donde

$V_{Rdn}$  es el valor neto de la resistencia a cortante, en newtons;

$V_{Rd,c}$  es el valor de cálculo de la resistencia a cortante según el apartado 6.2.2 de la Norma EN 1992-1-1:2004, en newtons;

$V_{Ttd}$  es el valor de cálculo del esfuerzo cortante que actúa teniendo en cuenta el momento torsor, en newtons;

$T_{td}$  es el valor de cálculo del momento torsor en la sección considerada, en newtons milímetros;

$b_w$  es la anchura del alma más externa a la altura del eje central (véase la figura 4), en milímetros;

$\Sigma b_w$  es la suma de la anchura de las almas a la altura del eje central, en milímetros.

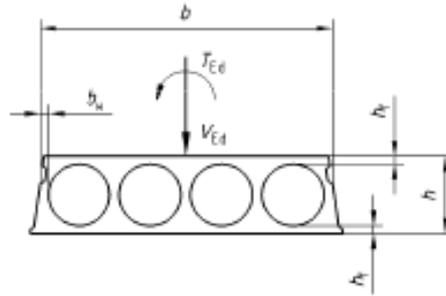


Figura 4 – Fuerza cortante excéntrica (◀A3)

#### 4.3.3.2.3 Resistencia a cortante de las juntas longitudinales

La distribución de carga de una placa a otra contigua, causará esfuerzos cortantes verticales en la junta y en los elementos a ambos lados de la junta.

La resistencia a cortante en este caso depende de las propiedades de la junta y de las placas.

Esta resistencia a cortante  $v_{Rdj}$ , expresada como carga lineal resistente, es el valor menor de la resistencia del ala  $v'_{Rdj}$  o de la resistencia de la junta  $v_{Rdj}$ :

$$v'_{Rdj} = 0,25 f_{ctd} \Sigma h_f$$

y

$$v_{Rdj} = 0,15 (f_{ctdj} h_j + f_{ctdj} h_c)$$

donde

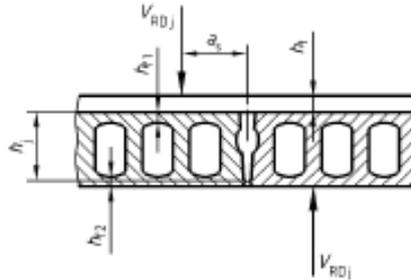
$f_{ctd}$  es el valor de diseño de la resistencia a la tracción del hormigón en los elementos;

$f_{ctdj}$  es el valor de diseño de la resistencia a la tracción del hormigón en las juntas;

$f_{ctc}$  es el valor de diseño de la resistencia a tracción del hormigón de la capa de compresión;



- $\Sigma h_t$  es la suma del espesor menor del ala superior e inferior y el espesor de la capa de compresión (véase {A3} la figura 5 {A3}); {A1} donde el espesor de la capa de compresión es su espesor nominal multiplicado por el cociente entre la resistencia a tracción de la capa de compresión y la resistencia a tracción de las losas; {A1}
- $h_j$  es la altura neta de la junta (véase {A3} la figura 5 {A3});
- $h_t$  es el espesor de la capa de compresión (véase {A3} la figura 5 {A3});



{A3} Figura 5 {A3} – Esfuerzo cortante en juntas

La resistencia a cortante  $V_{Rdj}$  expresada como carga resistente concentrada, se debe calcular según la fórmula:

$$V_{Rdj} = v_{Rdj} (\alpha + h_j + h_t + 2 a_s)$$

donde

$v_{Rdj}$  es el menor valor de  $v'_{Rdj}$  o  $v_{Rdj}$ ;

$\alpha$  es la longitud de la carga paralela a la junta;

$a_s$  es la distancia entre el centro de la carga y el centro de la junta.

#### 4.3.3.2.4 Resistencia a cortante por punzonamiento

Si no existen justificaciones particulares, la resistencia a cortante por punzonamiento de las placas sin capa de compresión  $V_{Rd}$ , en newtons, expresada como carga puntual resistente, se debe calcular según la siguiente fórmula:

$$V_{Rd} = b_{\text{eff}} h f_{\text{ctd}} \left( 1 + 0,3 \alpha \frac{\sigma_{\text{cp}}}{f_{\text{ctd}}} \right)$$

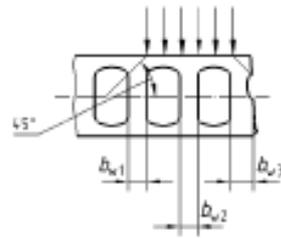
con  $\alpha = \frac{l_x}{l_{\text{tpd}}} \leq 1$  según el apartado 6.2.2 de la Norma EN 1992-1-1:2004

donde

$b_{\text{eff}}$  es la anchura efectiva de las almas según la {A3} figura 6 {A3};

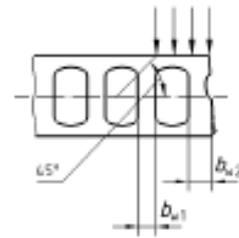
$\sigma_{\text{cp}}$  es la tensión de compresión del hormigón en el centro del eje central debida al pretensado.





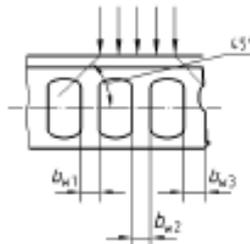
$$b_{\text{eff}} = b_{w1} + b_{w2} + b_{w3}$$

a) Situación general



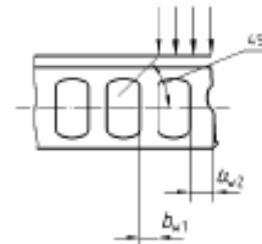
$$b_{\text{eff}} = b_{w1} + b_{w2}$$

b) Extremo libre de un vano



$$b_{\text{eff}} = b_{w1} + b_{w2} + b_{w3}$$

c) Situación general con una capa de compresión estructural



$$b_{\text{eff}} = b_{w1} + b_{w2}$$

d) Extremo libre de un vano con capa de compresión estructural

### {A3} Figura 6 {A3} – Anchura efectiva

Para cargas concentradas de las cuales más del 50% actúan sobre el alma externa [ $b_{w2}$  en las {A3} figuras 6 b) y 6 d) {A3}] de un extremo libre de un vano, la resistencia resultante de la ecuación se aplica sólo si existe al menos un cordón o alambre en el alma más externa y un armado transversal. Si no se cumple una de estas condiciones o ambas, se debe dividir la resistencia por 2.

El armado transversal debe estar constituido por flejes o barras en la parte superior del elemento o en la capa de compresión estructural con una longitud de al menos 1,20 m y completamente anclado, y debe estar diseñado para una fuerza de tracción igual a la carga total concentrada.

Si una carga sobre un alveolo tiene una anchura menor que la mitad de anchura de un alveolo, se debe calcular una segunda resistencia con la misma ecuación, pero se debe sustituir  $h$  por el espesor más pequeño del ala superior y  $b_{\text{eff}}$  por la anchura de la superficie en carga. Se debe aplicar el menor valor de las resistencias calculadas.

Si se usa una capa de compresión estructural, el espesor de la capa de compresión se puede tener en cuenta para el cálculo de la resistencia a cortante por punzonamiento.



### 4.3.3.2.5 Resistencia a las cargas concentradas

Las cargas concentradas producirán momentos flectores transversales. Si los elementos no tienen armadura transversal, se deben limitar los esfuerzos de tracción debidos a los momentos flectores.

El valor límite depende de las hipótesis básicas de diseño sobre la distribución de carga.

Si los elementos están diseñados sin suponer una distribución de cargas, lo cual significa que todas las cargas que actúan sobre el elemento deberían estar soportadas por ese elemento, el valor límite de la tensión de tracción es  $f_{ctk,0,05}$  en el estado límite de servicio. En este caso, para elementos sin capa de compresión, en el estado límite de servicio, las resistencias a las cargas concentradas  $q_k$  y  $F_k$  se calculan sin justificaciones particulares según:

- para una carga lineal que no esté en un borde de la superficie del forjado:  $q_k = \frac{20 W_{cb} f_{ctk,0,05}}{\ell + 2b}$
- para una carga lineal en el borde de la superficie del forjado:  $q_k = \frac{10 W_{ct} f_{ctk,0,05}}{\ell + 2b}$
- para una carga puntual en cualquier lugar sobre la superficie del forjado:  $F_k = 3 W_{ct} f_{ctk,0,05}$

donde

$W_{cb}$  es el módulo de inercia mínimo de la sección en la dirección transversal por unidad de longitud relativo a la fibra inferior de los elementos;

$W_{ct}$  es el módulo de inercia mínimo de la sección en la dirección transversal por unidad de longitud relativo a la fibra superior;

$W_{ct}$  es el menor de  $W_{cb}$  y  $W_{ct}$ .

Si los elementos están diseñados suponiendo una distribución de cargas según la teoría elástica, lo cual significa que una parte de las cargas que actúan sobre cada elemento se transmite a los elementos contiguos, el valor límite del esfuerzo a tracción es  $f_{ctd}$  en el estado límite último.

Las resistencia a las cargas concentradas en este caso, en el estado límite último, se pueden obtener de la misma ecuación, pero se deben reemplazar  $q_k$ ,  $F_k$  y  $f_{ctk,0,05}$  por  $q_d$ ,  $F_d$  y  $f_{ctd}$ .

### 4.3.3.2.6 Capacidad de carga de elementos soportados sobre tres extremos

Las cargas distribuidas aplicadas sobre un elemento del forjado con un extremo longitudinal apoyado producirán momentos torsores. La reacción resultante de apoyo debida a esta torsión se debe ignorar en el diseño del estado último de servicio.

Los esfuerzos de cortante debidos a estos momentos torsores deben limitarse a  $f_{ctk,0,05}/1,5$  en el estado límite de servicio.

{A3►} La capacidad de carga  $q_k$ , en newtons por milímetro, para una carga aplicada por unidad de superficie, la cual es la carga total menos la carga debida al peso propio de los elementos, debe calcularse, en el estado límite de servicio, según:

$$q_k = \frac{f_{ctk,0,05} W_t}{0,06 \ell^2}$$

en la que  $W_t$  es el valor menor de

$$W_t = 2t(h - h_f)(b - b_w)$$



y

$$W_t = \frac{b^2 h}{(3 + 1,8 b/h)}$$

donde

$W_t$  es el módulo de la sección en torsión de un elemento según la teoría elástica, en milímetros cúbicos;

$t$  es el valor menor entre  $h_t$  y  $b_w$ , en milímetros;

$h_t$  es el valor menor entre el espesor superior o inferior del ala;

$b_w$  es el espesor del alma más externa, en milímetros.

$L$  es la longitud del elemento. {◀A3}

#### 4.3.3.3 {A2▶} Verificación por cálculo asistido por ensayo físico

La resistencia a cortante obtenida por cálculo debe confirmarse por un ensayo físico a escala real conforme al anexo J. {◀A2}

### UNE-EN 13369

Tres alternativas de verificación en sus apartados 4.3.3.2, 4.3.3.3 y 4.3.3.4:

- Verificación por cálculo: los valores de proyecto de las capacidades obtenidas por cálculo se deben verificar según:
  - o Los apartados aplicables de la Norma Europea EN 1992-1-1.
  - o Las reglas complementarias pertinentes recogidas en las normas de producto.
  - o Las reglamentaciones nacionales válidas en el lugar de uso.
- Verificación por cálculo con ayuda de ensayos físicos: Se precisa el ensayo físico del producto acabado para complementar el cálculo sobre un número reducido de muestras a escala real antes de comenzar la producción, con objeto de verificar la fiabilidad del modelo de proyecto prevista para cálculo, en los casos siguientes:
  - o Reglas alternativas de proyecto respecto a lo indicado en la verificación por cálculo.
  - o Aspectos estructurales con modelos de proyecto inusuales no contemplados en la verificación por cálculo.
- Verificación por ensayo: En este caso, los valores declarados deben verificarse mediante ensayos de carga directa sobre muestras tomadas siguiendo los criterios estadísticos apropiados (por ejemplo, la Norma Europea EN 1990).

Dicha norma habla también en el apartado 4.3.3.5 de los Coeficientes de Seguridad, redirigiendo al uso de las Normas Europeas EN 1990 y EN 1992-1-1 (que recogen los valores recomendados para los factores parciales de seguridad) y a su Anexo C que habla de las condiciones de fiabilidad que permitirían valores menores en determinadas condiciones. Y en su apartado 4.3.3.6 Situaciones de Transición, dice que se deben considerar los casos especiales de acciones propias de situaciones de transición sobre los elementos prefabricados (elevación, manipulación, transporte, construcción).

#### Método 3

Declaración de las especificaciones de diseño.



## 4.2.5.4. Resistencia al fuego (para la capacidad portante)

\* Para la resistencia al fuego (cuando se verifique mediante ensayo), los ensayos debería realizarlos un laboratorio de ensayo.

Característica esencial		Capítulos de requisitos en normas	Notas y unidades
Resistencia al fuego (donde sea relevante)	Método 1	Información indicada en ZA.3.2 UNE-EN 1168	Geometría y materiales
	Método 2	4.3.4. Resistencia al fuego UNE-EN 1168	min
		Anexo G Resistencia al fuego UNE-EN 1168	
		4.3.4. Resistencia al fuego UNE-EN 13369	
Método 3	Especificaciones de diseño UNE-EN 1168		
<b>Método 1</b>			
Declaración de datos geométricos y materiales.			
<b>Método 2</b>			
<b>UNE-EN 1168</b>			
Complementariamente a los apartados 4.3.4.1 a 4.3.4.3 de la Norma EN 13369, el Anexo G define el método de cálculo y los valores tabulados. En ausencia de reglas nacionales relativas a la capacidad de cortante bajo condiciones de fuego, se pueden encontrar reglas adicionales en el Anexo G.			
<p>NOTA La resistencia al fuego definida para elementos alveolados (función portante) es válida cuando se instalan en una estructura de forjado con el sistema de atado necesario de acuerdo a la Norma EN 1992-1-1:2004, a no ser que se hayan tomado medidas adicionales. Para la función de separación de los forjados de placas alveolares, se exigen de forma adicional el aislamiento (véase el Anexo G para el espesor mínimo) y la integridad (véase el apartado 4.6 de la Norma EN 1992-1-1:2004 para las juntas). Pueden tenerse en cuenta el acabado o la capa de nivelación hormigonada in situ directamente sobre la unidad prefabricada, en la resistencia al fuego del forjado para la función de separación.</p>			



## ANEXO G

### G.1 Método de cálculo para condiciones portantes

#### G.1.1 Generalidades

La resistencia al fuego ( $R$ ) se puede calcular según los apartados 4.2 o 4.3 de la Norma EN 1992-1-2:2004 con las siguientes reglas adicionales para placas alveolares pretensadas.

#### G.1.2 Resistencia al fuego con respecto a la rotura a flexión

Las siguientes hipótesis sobre las temperaturas de la placa son válidas para placas expuestas al fuego desde el inferior.

La resistencia al fuego con respecto a la rotura a flexión puede determinarse usando los métodos de cálculo simplificados (véanse 4.2 y el anexo B de la Norma EN 1992-1-2:2004) y las siguientes hipótesis:

- a no ser que se realice un análisis térmico más preciso, por debajo del nivel  $a_{50\%}$  (el nivel sobre el que la anchura total del alma es igual a la anchura del núcleo, véase la figura G.1), la temperatura se puede tomar como igual a la temperatura de una placa maciza (véase la figura A.2 de la Norma EN 1992-1-2:2004);
- por encima del nivel en el que puede tomarse una interpolación lineal entre la temperatura al nivel  $a_{50\%}$  y la temperatura en la superficie superior del forjado [temperatura máxima permitida para el criterio de aislamiento:  $160\text{ °C}$  ( $= 140\text{ °C} + 20\text{ °C}$ )]

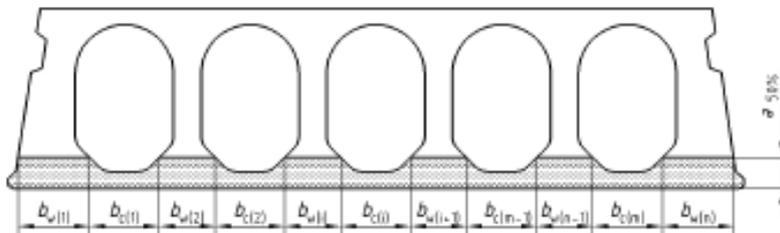


Figura G.1 – Área sobre la que pueden tomarse las temperaturas de una placa maciza

$$a_{50\%} = \text{nivel en el que } \sum_{i=1}^n b_{w(i)} = \sum_{i=1}^m b_{c(i)}$$

donde (véase la figura G.1):

$n$  es el número de almas;

$m$  es el número de núcleos;

$b_{w(i)}$  es la anchura del número de alma "i" al nivel considerado;

$b_{c(i)}$  es la anchura del número de núcleo "i" al nivel considerado.



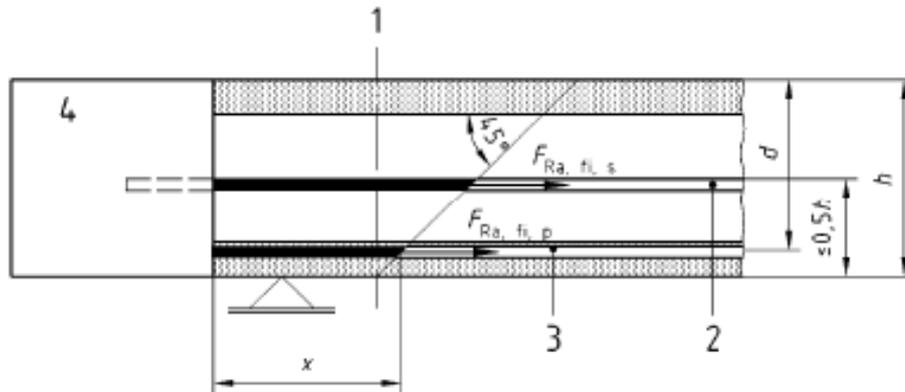
Las temperaturas en la zona de compresión están en el orden de 100 °C a 300 °C. A estas temperaturas, el hormigón tiene entre el 90% y el 95% de la resistencia de compresión al margen. Teniendo en cuenta que  $\gamma_c = 1,0$  y  $\alpha_{cc} = 1,0$  (PND) en el cálculo a fuego, el canto del bloque de hormigón disminuye y el brazo de palanca interno aumenta. Esto resultará más favorable en el cálculo a fuego. Así que la resistencia de compresión en la zona comprimida puede suponerse que no queda afectada cuando el espesor de la placa cumple con el criterio de aislamiento, es decir, que la cara protegida se supone que tiene el mismo brazo de palanca interno que en el cálculo normal de la temperatura.

### G.1.3 Resistencia al fuego con respecto al cortante y al anclaje

La resistencia al fuego con respecto a la rotura a cortante y del anclaje puede determinarse usando los métodos de cálculo simplificados (véanse 4.2 y los anexos B y D de la Norma EN 1992-1-2:2004) y las siguientes hipótesis:

- la temperatura en la sección transversal de acuerdo al apartado G.1.1;
- un modelo de cálculo empírico para el cortante y el anclaje bajo condiciones de fuego; no se necesita esta verificación del cortante y el anclaje para la clase de resistencia al fuego < R.60.

NOTA El cortante-tracción no es aplicable debido a la presencia de fisuras verticales ocasionadas por el gradiente térmico.

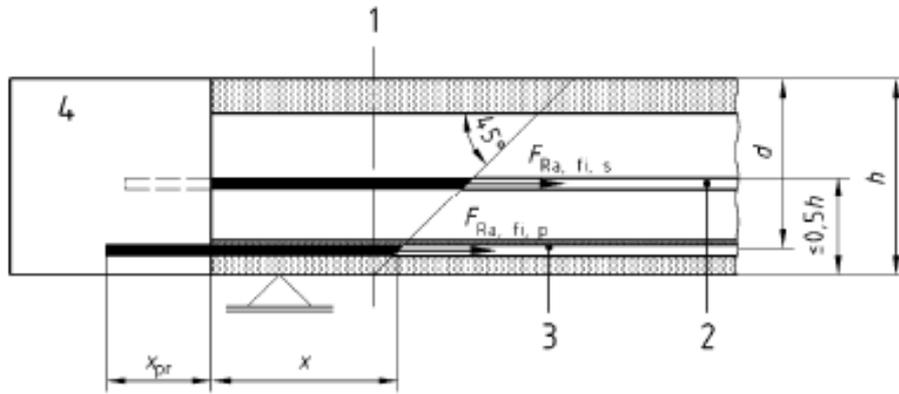


Leyenda

- 1 Sección considerada
- 2 Armadura de conexión
- 3 Cordón metálico
- 4 Hormigón in situ

Figura G.2 – Modelo para el cálculo de la resistencia a cortante y del anclaje (ejemplo)





Leyenda

- 1 Sección considerada
- 2 Armadura de conexión
- 3 Cordón metálico
- 4 Hormigón in situ

Figura G.3 – Modelo para el cálculo de la resistencia a cortante y del anclaje (ejemplo con cordones salientes)

La ecuación empírica del cortante bajo condiciones de fuego es:

$$V_{Rd,c,\theta} = [C_{\theta,1} + \alpha_k \times C_{\theta,2}] \times b_w \times d$$

donde

$C_{\theta,1}$  es un coeficiente que tiene en cuenta la tensión del hormigón bajo condiciones de fuego,

$$= 0,15 \cdot \min(k_p(\theta_p) \sigma_{cp,20^\circ C}; \frac{F_{R,a,\theta,p}}{A_c})$$

$$\alpha_k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0 \text{ donde } d \text{ está en mm;}$$

$C_{\theta,2}$  es un coeficiente que tiene en cuenta la armadura de anclaje longitudinal;

$$= \sqrt{0,58 \times \frac{F_{R,a,\theta}}{f_{yk} \times b_w \times d} \times f_{c,\theta,m}}$$

$\sigma_{cp,20^\circ C}$  es la tensión media del hormigón debida a la fuerza de pretensado a una temperatura normal;

$A_c$  es la sección de hormigón;

$f_{c,\theta,m}$  es la resistencia media del hormigón a una temperatura elevada  $f_{c,\theta,m}$  que puede tomarse igual a la resistencia del hormigón a la temperatura en la mitad de la altura del alma;



$b_w$  es el espesor total del alma;

$d$  es el canto efectivo a la temperatura ambiente;

$f_{ck}$  es la resistencia a compresión característica de una probeta cilíndrica de hormigón a 28 días;

$v_{min}$  es la tensión permitida del hormigón sin armadura, según se define en el apartado 6.2.2 de la Norma EN 1992-1-1:2004;

$F_{R,af}$  es la capacidad de fuerza del pretensado y de la armadura de conexión anclada en la sección transversal considerada:

$$= F_{R,af,p} + F_{R,af,s}$$

donde

$F_{R,af,p}$  es la capacidad de fuerza del acero pretensado anclado en la sección considerada:

$$A_p \times \min \left( \frac{x_{pr} \times f_{bpd,pr,fi} + x \times f_{bpd,fi}}{\alpha_2 \phi}; 0,9 f_{pk} k_p(\theta_p) \right)$$

$\alpha_2, \phi$  según se define en el apartado 8.10.2.2 de la Norma EN 1992-1-1:2004;

$x$  es la longitud de anclaje del tendón para la sección considerada;

$x_{pr}$  es la longitud del tendón saliente para la sección considerada, véase la figura G.3;

$f_{bpd,fi}$  es la resistencia de adherencia para el anclaje de los tendones en el elemento a temperatura elevada

$$\eta_{p2} \times \eta_1 \frac{0,7 \times f_{ctm} \times k_{c,t}(\theta_{p,m})}{\gamma_{c,n}}$$

$f_{bpd,pr,fi}$  es la tensión de adherencia para el anclaje de los tendones en el hormigón vertido in situ (en caso de cordones salientes) a la temperatura elevada

$$\eta_{p2} \times \eta_1 \frac{0,7 \times f_{ctm,insitu} \times k_{c,t,insitu}(\theta_{p,pr,m})}{\gamma_{c,fi}}$$

$F_{R,af,s}$  es la capacidad de fuerza de la armadura de conexión anclada en la sección considerada

$$= A_s f_{yk} k_s(\theta_s)$$

$k_p(\theta_p)$  es el factor de reducción de la resistencia para el acero pretensado a una temperatura  $\theta_p$ , de acuerdo al apartado 4.2.4.3 de la Norma EN 1992-1-2:2004;

$k_s(\theta_s)$  es el factor de reducción de la resistencia para la armadura ordinaria a una temperatura  $\theta_s$ , de acuerdo al apartado 4.2.4.3 de la Norma EN 1992-1-2:2004;

$k_{c,t}(\theta_{p,m})$  es el factor de reducción medio de la resistencia para la resistencia a tracción del hormigón a lo largo del anclaje con una temperatura media  $\theta_{p,m}$ , de acuerdo al apartado 3.2.2.2 de la Norma EN 1992-1-2:2004;



$k_{c, \text{t.inim}}(\theta_{\text{ppr.m}})$  es el factor de reducción de la resistencia para la resistencia a tracción del hormigón vertido in situ en la longitud de anclaje considerada, de acuerdo al apartado 3.2.2.2 de la Norma EN 1992-1-2:2004;

$\eta_{p2} \cdot \eta_1$  según se define en el apartado 8.10.2.3 de la Norma EN 1992-1-1:2004.

Sólo debe tenerse en cuenta la armadura en la parte inferior del elemento ( $\leq 0,5 h$ ).

La sección transversal considerada es normalmente la sección en la cara del apoyo.

NOTA 1 La capacidad de anclaje de la armadura longitudinal embobida en el apoyo puede calcularse teniendo en cuenta el efecto de la masa de hormigón sobre la distribución de temperaturas, usando la temperatura media  $\theta_m$  y  $\theta_{m,p}$  del cordón a lo largo de la longitud considerada en el apoyo, respectivamente  $x$  en el elemento prefabricado y  $x_p$  en el hormigón vertido in situ, cuando sea relevante.

NOTA 2 Si la armadura de acero longitudinal está situada aproximadamente a la mitad del canto de la placa, el factor de reducción de la resistencia  $k_t$  puede tomarse igual a 1.

## G.2 Valores tabulados

Las placas alveolares pueden clasificarse por su resistencia al fuego, aislamiento y cortante usando las tablas G.1 y G.2 y las reglas dadas en el capítulo 5 de la Norma EN 1992-1-2:2004, y para las juntas en estructuras de partición se usan las reglas del apartado 4.6 de la Norma EN 1992-1-2:2004. Los valores tabulados no se dan para flexión, para lo que se aplica el método de cálculo del apartado G.1.1.

La tabla G.1 proporciona el espesor mínimo ( $h$ ) de la placa relativo al aislamiento de la resistencia al fuego. La tabla G.2 proporciona los valores tabulados para el anclaje del apoyo. El espesor de la placa de la tabla G.1 se corresponde con el espesor mínimo del forjado dado en la tabla 5.8 de la Norma EN 1992-1-2:2004 para las placas macizas, y se ha calculado de acuerdo con la siguiente ecuación para palcas alveolares:

$$t_e = h \sqrt{A_c / (b \times h)}$$

donde

$t_e$  es el espesor efectivo;

$h$  es el espesor real de la placa;

$A_c$  es el área de hormigón de la sección de hormigón;

$b$  es la anchura de la placa.

El espesor mínimo de la placa indicado en la tabla G.1 se basa en un área de hormigón mínimo de  $0,4 bh$ .

**Tabla G.1 – Valores tabulados para el espesor mínimo de la placa relativa a la resistencia al fuego del aislamiento**

Dimensiones mínimas	Clase de resistencia al fuego requerida			
	REI 60	REI 90	REI 120	REI 180
Espesor de la placa (mm)	130	160	200	250

NOTA 1 Cuando se utilice una capa de compresión o una capa de nivelación, el espesor de la capa no combustible puede tomarse en cuenta en la resistencia al fuego del forjado para la función de separación.



Tabla G.2 – Valores tabulados para la resistencia a cortante  $V_{Rd,c,R}$

$V_{Rd,c,R}/V_{Rd,c,tab}$ (%)	Espesor de la placa (mm)				
	160	200	240-280	320	360-400
Resistencia al fuego					
REI 60	70%	65%	60%	60%	55%
REI 90	65%	60%	60%	55%	50%
REI 120	60%	60%	55%	50%	50%
REI 180	45%	50%	50%	45%	45%

NOTA 2 Como ejemplo, la tabla G.2 proporciona valores relativos a las siguientes hipótesis: placas alveolares pretensadas con cordones cortados en los extremos de los elementos, con una longitud de apoyo de 70 mm y una sección de 1,88 cm<sup>2</sup>/m de armadura de atado longitudinal situada a aproximadamente la mitad del canto de la placa.

$V_{Rd,c,tab}$  es la resistencia a cortante dada por el modelo simplificado de cortante tracción y, por lo tanto, la tabla G.2 solo se utiliza con la expresión simplificada de acuerdo al apartado 4.3.3.2.2.1. La influencia de los nucleos rellenos con armaduras de atado subevidas debería reflejarse en este modelo de cortante tracción.

### G.3 Disposición del ensayo al fuego

#### G.3.1 Generalidades

Este anexo proporciona información adicional sobre la disposición de la probeta de ensayo y las condiciones de contorno en el ensayo al fuego de los forjados de placas alveolares, como complemento a las Normas EN 1363-1 y EN 1365-2. Pueden tenerse en cuenta ensayos realizados previamente, proporcionando los resultados del lado de la misma o mayor seguridad (véase 4.3.4.2 de la Norma EN 13369:2004).

#### G.3.2 Tamaño y vano

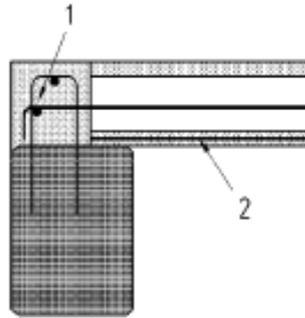
La longitud expuesta de la probeta de ensayo debe ser de al menos 4 m. La anchura debe ser tan grande como sea posible a fin de acomodar la anchura del horno, pero no menor de 2,40 m. Cuando el horno tenga una anchura de 4 m, la probeta de ensayo puede estar compuesta de tres placas de 1,2 m. Para un horno de 3,00 m de anchura, la probeta puede comprender 2 placas de 1,20 m y una placa estrecha de aproximadamente 0,60 m, y en el caso de 2,4 m de anchura, serían 2 placas de 1,20 m o 1 placa de 1,20 m y la unión de 2 placas de alrededor de 0,60 m.

La probeta debe incluir las unidades de forjado y las vigas de apoyo. Las uniones entre la viga y el forjado deben reproducir las condiciones que se aplican en la práctica real.

#### G.3.3 Condiciones de apoyo

La probeta del forjado debe ensayarse normalmente como sencilla, en una sola dirección del vano de la estructura. Las unidades de forjado se sitúan sobre vigas de apoyo y se unen a ellas a través de una viga de atado transversal armada. La solución representa tanto los forjados de placas alveolares sobre vigas como sobre paneles de muros. La anchura de la viga de atado debe ser de al menos 100 mm y la armadura de acuerdo a las condiciones que se aplican en la práctica. La unión longitudinal del forjado a la viga de atado transversal debe además reflejar la situación de la práctica real.





#### Leyenda

- 1 Viga de atado transversal
- 2 Armadura de atado longitudinal

**Figura G.4 – Unión de apoyo en el dispositivo de ensayo (ejemplo)**

Las vigas de atado longitudinales pueden situarse bien en los manguitos abiertos hormigonados o en las juntas longitudinales dispuestas entre las unidades de forjado, de acuerdo a la situación de la práctica real. Cuando las barras de atado longitudinales se sitúan entre las juntas longitudinales, el número de uniones debería ser como mínimo 4 para que se reproduzcan las condiciones reales que se aplican en la práctica. Dos de estas uniones se realizan mediante una viga de atado de armadura longitudinal en ambos extremos del forjado ensayado.

Pueden aplicarse una capa de nivelación o una capa de compresión armada estructural de hormigón. La armadura considerada debería solo incluir las barras del vano en la dirección de las placas.

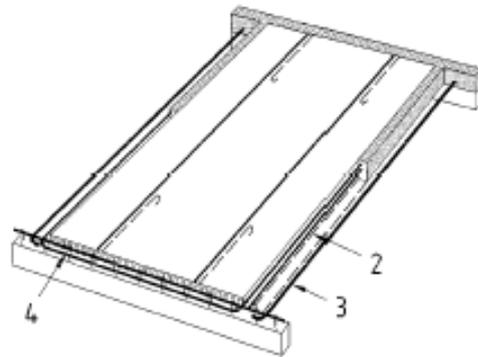
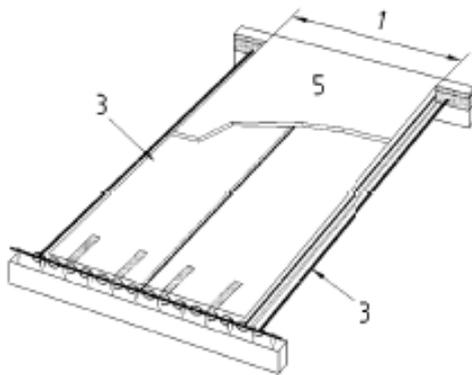
Cuando el equipo de ensayos permita realizar la coacción de la placa de forjado en el apoyo, el ensayo de fuego puede hacerse de acuerdo a la solución aplicada en proyecto.

#### **G.3.4 Coacción longitudinal**

Debe aplicarse una coacción longitudinal para reproducir las coacciones contra la expansión que se aplique en la práctica:

- la coacción longitudinal puede aplicarse mediante gatos hidráulicos horizontales cuyos controles aseguren que se reproduce la rigidez de las partes de la estructura que no estén expuestas al fuego;
- la coacción longitudinal puede además simularse por dos barras metálicas situadas en la dirección del vano a ambos lados del forjado. El diámetro debe elegirse para reproducir la coacción contra la expansión que se aplique en la práctica. Las barras deberían tener un diámetro mínimo de 25 mm.





#### Leyenda

- 1 Anchura mínima de 2,40 m
- 2 Viga extrema
- 3 Barra longitudinal
- 4 Viga de atado transversal
- 5 Capa de compresión facultativa

**Figura G.5 – Barras de atado longitudinales en los manguitos**

**Figura G.6 – Barras de atado longitudinales en las juntas**

Las barras sirven para reproducir la coacción impuesta, por ejemplo, por la estructura de apoyo. No se necesitan en la estructura de la práctica real.

La probeta de ensayo completa debe instalarse para permitir libremente los movimientos longitudinales y la flexión del forjado, incluyendo las vigas de apoyo.

#### G.3.5 Coacción transversal

La coacción transversal puede aplicarse para reproducir el bloqueo de la expansión térmica del forjado por la estructura circundante. El dispositivo de ensayo debe simular tan ajustado como sea posible las condiciones reales del forjado en la estructura, incluso en el extremo del forjado.

#### G.3.6 Contenido de humedad (complemento al apartado 8.1 de la Norma EN 1363-1:1999)

El contenido de humedad de las placas debería ser representativo de las condiciones reales en la estructura (después de un tiempo razonable de explotación), que normalmente no excede de 3% de la masa o el 3% m/m.

NOTA En general, puede considerarse aceptable un almacenamiento de 3 meses en condiciones interiores ( $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , HR = 50%). (↔A3)

### UNE-EN 13369

La resistencia al fuego se declara normalmente como resistencia al fuego normalizado mediante clases. De forma alternativa, se puede declarar como resistencia a fuego paramétrico. En el anexo O de la Norma UNE-EN 13369 se recogen las recomendaciones de utilización de la Norma Europea EN 1992-1-2.

#### Clasificación para la resistencia al fuego normalizado:

Se puede utilizar uno de los siguientes métodos:

- Clasificación por ensayo: Se pueden tener en cuenta los ensayos realizados previamente de acuerdo con los requisitos de la Norma Europea EN 13501-2. La validez de los resultados de ensayo se puede extender a otras longitudes de vano, secciones transversales y cargas mediante los métodos de cálculo adecuados.
- Clasificación por datos tabulados: Aplicando la Norma Europea EN 1992-1-2.
- Clasificación por cálculo: Se debe aplicar la Norma Europea EN 1992-1-2.

#### Verificación de la resistencia a fuego paramétrico:

Las acciones debidas a fuego paramétrico deben ser conformes a lo indicado en la Norma Europea EN 1991-1-2. La resistencia a fuego paramétrico se puede verificar por métodos de cálculo conforme a la Norma Europea EN 1992-1-2, o por ensayo.



## Método 3

Declaración de las especificaciones de diseño.



## 4.2.5.5. Aislamiento al ruido aéreo y transmisión del ruido por impacto

Característica esencial		Capítulos de requisitos en normas	Notas y unidades
Aislamiento al ruido aéreo y transmisión de ruido por impacto	Todos los métodos	4.3.5. Propiedades acústicas UNE-EN 1168	dB
		4.3.5. Propiedades acústicas UNE-EN 13369	
<p>NOTA: El aislamiento de ruido por impacto de un edificio se ve afectado por la estructura total del forjado, incluyendo el recubrimiento de forjado, las condiciones de apoyo, los detalles de las juntas y los muros.</p> <p><b>UNE-EN 13369</b> El aislamiento acústico al ruido aéreo de un producto debe ser estimado por cálculo o medido conforme a la Norma Europea EN ISO 140-3. Se debe expresar en bandas de tercio de octava en el rango de 100 a 3.150 Hz y como una cantidad numérica individual en términos de adaptación espectral conforme a la Norma Europea EN ISO 717-1.</p> <p>El aislamiento al ruido por impacto de un producto debe ser estimado por cálculo o medido conforme a la Norma Europea EN ISO 140-6. Se debe expresar en bandas de tercio de octava en el rango de 100 a 3.150 Hz y como una cantidad numérica individual en términos de adaptación espectral conforme a la Norma Europea EN ISO 717-2.</p> <p>Cuando los valores de aislamiento acústico se estimen por cálculo, se deben proporcionar los detalles de los modelos de cálculo y los datos de entrada.</p> <p>NOTA 1: Las estimaciones por cálculo pueden efectuarse de acuerdo con el anexo B de la Norma Europea EN 12354-1:2000 y con el anexo B de la Norma Europea EN 12354-2:2000.</p> <p>NOTA 2: Los valores pueden proporcionarse en el rango de frecuencias extendidas de 50 a 5.000 Hz de acuerdo a las Normas EN ISO 717-1 y EN ISO 717-2.</p> <p>NOTA 3: Los valores en las bandas de tercio de octava son adecuados para el cálculo de aislamiento acústico en los trabajos de acuerdo con el modelo detallado de la Norma EN 12354.</p>			



## 4.2.5.6. Detalles constructivos

Características relevantes		Capítulos de requisitos en normas	Notas y unidades
Detalles constructivos	Todos los métodos	4.3.1. Propiedades geométricas ó 8. Documentación técnica UNE-EN 1168	mm
		4.3.1. Propiedades geométricas ó 8. Documentación técnica UNE-EN 13369	
		Anexo M. Documentación técnica UNE-EN 13369	
<b>UNE-EN 1168</b>			
<p><b>4.3.1.1.1 Tolerancias dimensionales relativas a la seguridad estructural</b></p> <p>Las desviaciones máximas, medidas sobre las dimensiones nominales especificadas según el apartado 5.2, deben satisfacer los requisitos siguientes:</p> <p>a) canto de la placa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>h \leq 150</math> mm: <math>- 5</math> mm, <math>+ 10</math> mm;</li> <li>- <math>h \geq 250</math>: <math>\pm 15</math> mm;</li> <li>- <math>150</math> mm <math>&lt; h &lt; 250</math> mm: se puede aplicar la interpolación lineal;</li> </ul> <p>b) espesor mínimo nominal del alma:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- alma individual (<math>\delta_w</math>): <math>- 10</math> mm;</li> <li>- total por placa (<math>\Sigma \delta_w</math>): <math>- 20</math> mm;</li> </ul> <p>c) espesor mínimo nominal del ala (sobre y bajo los alveolos):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ala individual: <math>- 10</math> mm, <math>+ 15</math> mm;</li> </ul> <p>d) posición vertical de la armadura en el lado sometido a tracción:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- barra individual, cordón o cable <math>h \leq 200</math> mm <math>\pm 10</math> mm;</li> <li><math>h \geq 250</math> mm <math>\pm 15</math> mm;</li> <li><math>200</math> mm <math>&lt; h &lt; 250</math> mm: se puede aplicar la interpolación lineal;</li> <li>- valor medio por placa: <math>\pm 7</math> mm;</li> <li>- el requisito de este párrafo no debe entrar en conflicto con el apartado 4.3.1.2.3 de esta norma.</li> </ul> <p><b>{A1} 4.3.1.1.2 {A1} Tolerancias para objetivos de construcción</b></p> <p>Las desviaciones máximas, a menos que el fabricante declare lo contrario, deben cumplir lo siguiente:</p> <p>a) longitud de la placa: <math>\pm 25</math> mm;</p> <p><b>{A3}</b></p> <p>b) placa con:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- general <math>\pm 5</math> mm;</li> <li>- en caso de placas accesorias <math>\pm 25</math> mm. <b>{A3}</b></li> </ul> <p>c) anchura de placa para placas cortadas longitudinalmente: <math>\pm 25</math> mm;</p>			



{A3▶}

d) longitud de los cordones salientes.

La desviación mínima de la longitud medida de la parte saliente del cordón saliente con respecto al valor nominal (de cálculo):

- 10 mm.

Este valor puede incrementarse con la mitad de la desviación real (positiva) de la longitud de placa medida (a). {◀A3}

#### {A1▶} 4.3.1.1.3 {◀A1} Tolerancias para recubrimiento de hormigón

{A1▶} La desviación máxima para el recubrimiento de hormigón debe ser  $\Delta c = -10$  mm. El fabricante puede declarar una tolerancia más exigente. {◀A1}

#### 4.3.1.2 Mínimas dimensiones

Se deben aplicar los siguientes apartados además del apartado 4.3.1.2 de la Norma EN 13369:2004.

##### 4.3.1.2.1 Espesor de almas y alas

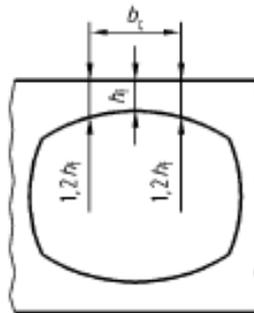
El espesor nominal especificado en las figuras, debe ser al menos el espesor mínimo incrementado por la desviación máxima (menos la tolerancia) declarada por el fabricante.

El espesor mínimo debe ser:

- para cualquier alma, no menor que el mayor valor entre  $h/10$ , 20 mm y  $(d_g + 5)$  mm, donde  $d_g$  y  $h$  están en milímetros;
- para cualquier ala, no menor que el mayor valor entre  $\sqrt{2h}$ , 17 mm y  $(d_g + 5)$  mm, donde  $d_g$  y  $h$  están en milímetros; sin embargo, para el ala superior, no menor que  $0,25 b_c$ , donde  $b_c$  es la anchura de la parte del ala en la cual el mayor espesor no es mayor que 1,2 veces el espesor menor (véase la figura 2).

El espesor de las almas y alas se debe medir según el apartado 5.2.1.1.

{A2▶}



{◀A2}

Figura 2 – Mínimo espesor del ala superior



### 4.3.1.2.2 Recubrimiento mínimo de hormigón y distancia entre ejes del acero de pretensado

Para alambres grafilados o lisos, y cordones grafilados, el recubrimiento mínimo de hormigón  $c_{min}$ , a la superficie de hormigón más próxima y al borde más próximo de un alveolo, debe ser al menos:

- sólo respecto a la cara expuesta, el obtenido aplicando el apartado 4.4.1.2 de la Norma EN 1992-1-1:2004;
- para prevenir fisuras longitudinales debidas a la rotura y agrietamiento y en ausencia de cálculos y/o ensayos:

{A1►} a) cuando la distancia nominal entre centros de cordones sea  $\geq 3 \varnothing$ :  $c_{min} = 1,5 \varnothing$ ;

b) cuando la distancia nominal entre centros de cordones sea  $< 2,5 \varnothing$ :  $c_{min} = 2,5 \varnothing$ ;

donde  $\varnothing$  es el diámetro del cordón o cable, en milímetros (en caso de diferentes diámetros en un cordón, se debe usar el valor medio para  $\varnothing$ ).

Para distancias entre centros de cordones intermedias,  $c_{min}$ , se puede inferir por interpolación lineal entre los valores determinados en a) y b).

Para cables nervados, el recubrimiento de hormigón se debe incrementar en  $1 \varnothing$ . {◄A1}

### 4.3.1.2.3 Recubrimiento mínimo de hormigón del acero de armar

Se debe aplicar el apartado 4.4.1.2 de la Norma EN 1992-1-1:2004.

### 4.3.1.2.4 Forma de la junta longitudinal

La anchura de la junta longitudinal debe ser:

- al menos 30 mm en la parte superior de la junta;
- mayor que el mayor valor entre 5 mm o  $d_g$  en la parte inferior de la junta, donde  $d_g$  es el tamaño máximo de árido en la lechada de la junta.

Si se tienen que colocar y anclar barras de atado de diámetro  $\varnothing$  en la junta longitudinal, la anchura de la junta al nivel de la barra debe ser al menos igual al valor mayor entre  $(\varnothing + 20 \text{ mm})$  o  $(\varnothing + 2 d_g)$ , donde  $d_g$  y  $\varnothing$  están en milímetros.

Cuando la junta longitudinal tenga que resistir a cortante vertical, se debe realizar al menos una acanaladura en la cara de la junta.

El tamaño de la acanaladura debe ser el apropiado respecto a la resistencia a cortante vertical de la lechada de mortero.

La altura de la acanaladura debe ser al menos de 35 mm, y su profundidad de al menos 8 mm. La distancia entre la parte superior de la acanaladura y la parte superior del elemento debe ser al menos de 30 mm. La distancia entre la parte inferior de la acanaladura y la parte inferior del elemento debe ser por lo menos de 30 mm.

Las formas típicas de junta longitudinal se dan en el anexo B.

### 4.3.1.2.5 {A3►} Forma de las acanaladuras verticales

La forma de las posibles acanaladuras verticales utilizadas para mejorar el efecto diafragma debe ser la apropiada con respecto a la resistencia del relleno frente al cortante horizontal. En el anexo B se indica una forma típica de acanaladuras verticales.

En cualquier caso, las acanaladuras verticales no deben ser obligatorias para lograr el efecto diafragma, sino solo una medida adicional. {◄A3}

## 8. Documentación técnica

Los detalles constructivos del elemento, en lo que respecta a los datos geométricos y propiedades complementarias de los materiales y anclajes, deben indicarse en la documentación técnica que incluye los datos constructivos tales como las dimensiones, las tolerancias, la disposición de las armaduras, el recubrimiento del hormigón, las condiciones transitorias y finales de apoyo y las condiciones de elevación.

### UNE-EN 13369

#### Dimensiones mínimas

Las características geométricas de los productos estructurales prefabricados deben satisfacer las dimensiones mínimas exigidas.

Los valores de las dimensiones mínimas deben fijarse en función de lo indicado en los apartados pertinentes de la Norma Europea EN 1992-1-1:2004. Estos valores pueden reducirse siempre que haya una justificación totalmente documentada para la utilización de valores más reducidos.



Las normas de producto (como es este caso) pueden especificar valores de las dimensiones mínimas distintos, siguiendo las características específicas de los productos.

## Anexo M. Documentación técnica (informativo)

Para productos prefabricados de hormigón estructurales, la documentación técnica o de proyecto comprende los siguientes apartados:

- a) Cálculos de proyecto, con las condiciones de carga y las consiguientes verificaciones de los estados último y de servicio, así como los coeficientes de seguridad utilizados.
- b) La especificación técnica, que incluye:
  - La especificación de producción para los procesos de fábrica:
    - o Planos de producción con los detalles de los productos prefabricados (dimensiones, armaduras y acero pretensado, dispositivos de elevación, anclajes, etc.)
    - o Datos de producción con las propiedades requeridas de los materiales y las tolerancias de los productos y de los pesos.
  - Las instrucciones para el manejo, almacenamiento y transporte;
  - La especificación de montaje para la instalación:
    - o Planos de instalación consistentes en plantas y secciones con la posición y las conexiones de los productos en los trabajos terminados.
    - o Datos de instalación con las propiedades requeridas *in situ* del material.
    - o Instrucciones de instalación con los datos necesarios para el manejo, almacenaje, ajuste, conexión y trabajos de finalización.

La información técnica consiste en los datos generales que describen el producto y su utilización en edificación y otros trabajos de ingeniería. Contiene esquemas con las dimensiones principales, indicaciones de las prestaciones que correspondan y cualquier otra información de utilidad para definir el uso del producto.



## 4.2.5.7. Durabilidad

Característica esencial	Capítulos de requisitos en normas	Notas y unidades
Durabilidad	Todos los métodos 4.3.7 Durabilidad UNE-EN 13369	Condiciones ambientales

### Requisitos de Durabilidad

Las siguientes especificaciones se refieren a productos estructurales de hormigón con una vida útil de proyecto conforme a la Norma Europea EN 1992-1-1.

La durabilidad de los elementos prefabricados de hormigón está asegurada por los siguientes requisitos cuando sean de aplicación:

	Apartado UNE-EN 13369	Apartado EN 206-1	EHE-08
Contenido mínimo de cemento	4.2.1.1	5.2.1	37.3.2.
Relación máxima de agua/cemento	4.2.1.1	5.2.1	37.3.2.
Contenido máximo de cloruro del hormigón	4.2.1.1	5.2.7	31 y 37.4.
Contenido máximo de álcalis	4.2.1.1	5.2.3.4	No aplica
Protección del hormigón recién fabricado contra la pérdida de humedad	4.2.1.3	-	No aplica
Hidratación adecuada mediante tratamiento térmico	4.2.1.4	-	No aplica
Resistencia mínima del hormigón	4.2.2.1	4.3.1	31.4.
Recubrimiento mínimo del hormigón y calidad del hormigón de recubrimiento	4.3.7.4 Anexos A y B	-	37.2.4.
Uso de métodos de diseño del funcionamiento (cuando sean de aplicación)	-	5.3.3 Anexo J	No aplica

NOTA: En el caso de productos de hormigón no estructurales, o cuando la vida útil prevista de los productos de hormigón sea más corta o más larga que el valor correspondiente en la Norma Europea EN 1992-1-1 (50 años), el fabricante puede adoptar las especificaciones de durabilidad al campo específico de aplicación del producto. Esto se suele aplicar a estructuras temporales, a productos de hormigón con una vida de servicio limitada y a productos de hormigón con un programa específico destinado al mantenimiento de su durabilidad.

### Integridad Interna

La estabilidad química debe garantizarse mediante la correcta elección de los materiales, cuya idoneidad se establece siguiendo el apartado 4.1.1 de la UNE-EN 13369.

La excesiva propagación de la microfisuración debe evitarse mediante la limitación de las tensiones de compresión en el hormigón (apartados 5.10.2.2 y 7.2 de la Norma Europea EN 1992-1-1:2004).

### Integridad Superficial

Cuando sea pertinente, debe garantizarse la resistencia superficial del hormigón contra los procesos de deterioro tales como reacciones químicas, efectos de ciclos hielo-deshielo, abrasión mecánica, etc. mediante disposiciones adecuadas. Los requisitos técnicos para la integridad superficial pueden seguir lo indicado en el apartado 5.3 de la Norma Europea EN 206-1 y, siempre que sea posible, se debería utilizar el método de proyecto relacionado con una prestación (véanse el apartado 5.3.3 y el anexo J de dicha Norma Europea) para facilitar la comprobación de dicha prestación.

### Resistencia a la corrosión del acero

Debe obtenerse siguiendo los criterios del apartado 4.1. de la Norma EN 1992-1-1. Para satisfacer estos criterios, el anexo informativo A ofrece una escala de las condiciones ambientales referidas a los recubrimientos del hormigón adoptados en el proyecto del producto prefabricado.

La fisuración debida a acciones se debe controlar mediante los criterios recogidos en 7.3. de la Norma EN 1992-1-1. En particular, para conseguir el área mínima de armadura, los tendones unidos pretensados pueden incluirse según se indica en el punto (3) de 7.3.2. de la Norma EN 1992-1-1.

El área mínima de armadura debe ser revisada si la tensión a tracción excede de  $\sigma_{ct,p}$ , siendo  $\sigma_{ct,p}$  la tensión admisible a tracción en el hormigón bajo la combinación característica de cargas y el valor característico de pretensado. El valor de  $\sigma_{ct,p}$  puede encontrarse en el anexo nacional y sino,  $\sigma_{ct,p} = f$



ct,off.

La resistencia a la corrosión se puede obtener también protegiendo la armadura, por ejemplo, empleando acero inoxidable, etc.

### **Absorción de agua**

Cuando se especifique, se debe medir según se indica en el anexo G de la UNE-EN 13369 "Ensayo de absorción de agua".



## 4.3. Control de producción en fábrica

Para asegurarse de que el producto que sale de la fábrica es el inicialmente diseñado y que se pueden garantizar los valores declarados que acompañan al Marcado CE, el fabricante debe someter su producción a un control siguiendo para ello los procedimientos y operaciones establecidos en la Norma UNE-EN-1168.

### ✓ 6.3. UNE-EN 13369: Control de producción en fábrica.

Se considera que un fabricante que dispone de un sistema de calidad conforme a la Norma EN ISO 9001 y que tenga en cuenta los requisitos de la Norma UNE-EN 13369, satisface los requisitos del control de producción en fábrica, según se describe a continuación.

### 4.3.1. Organización

Las tareas, responsabilidades y autoridad del personal implicado en el control de producción en fábrica deben ser documentadas, mantenidas e implantadas, incluyendo los procedimientos para las siguientes actividades:

- a) Demostración de conformidad del producto en las etapas apropiadas.
- b) Identificación y registro de cualquier caso de no conformidad.
- c) Tratamiento de no conformidades.
- d) Establecimiento de las causas de no conformidad y de las posibles acciones correctoras (proyecto, materiales o procedimientos de fabricación).

Un esquema de organización debe indicar las actividades del personal implicado en los puntos anteriores.

### 4.3.2. Sistema de control

El fabricante debe establecer, documentar, mantener e implantar un sistema de control de producción en fábrica que asegure que el producto comercializado satisface los requisitos de esta norma y cumple los valores especificados o declarados.

El sistema de control de producción en fábrica debe estar constituido por procedimientos, instrucciones, inspecciones regulares, ensayos y utilización de los resultados para controlar el equipo, las materias primas, los procesos de producción y los productos.

### 4.3.3. Control de documentos

Los documentos deben estar controlados de manera que en el lugar de trabajo se disponga únicamente de copias válidas. Dichos documentos son los procedimientos, instrucciones de trabajo, normas, informes de producción, planos y los procedimientos de control de producción en fábrica.

Los planos y documentos de producción deben proporcionar las especificaciones y todos los datos necesarios para la fabricación del producto. Estos planos y documentos deben estar fechados y aprobados para la fabricación por una persona designada por el fabricante.



#### 4.3.4. Control del proceso

El fabricante debe identificar las características relevantes de la fábrica y/o el proceso de producción. Además, debe definir los criterios y planificar los procesos de producción que afecten directamente a la conformidad del producto.

#### 4.3.5. Inspección y ensayo

- ✓ Tablas D.1 a D.5 UNE-EN 13369: Esquemas de inspección
- ✓ Anexo A UNE-EN 1168: Esquemas de inspección

La inspección y el ensayo se deben realizar sobre el equipo, las materias primas y otros materiales de entrada, el proceso de producción y los productos. En los esquemas de inspección se deben establecer los objetos, criterios, métodos y frecuencias relacionados con la inspección y el ensayo. La frecuencia de las verificaciones e inspecciones, y los métodos que no estén especificados en la norma, deben ser definidos de forma que se obtenga una conformidad permanente del producto.

Los esquemas de inspección recogidos en las tablas D.1 a D.4 de la UNE-EN 13369, así como los esquemas complementarios de la UNE-EN 1168, son esquemas de referencia. El fabricante debe aplicar las partes pertinentes de estos esquemas, a menos que él pueda demostrar que los cambios que introduce alcanzan igual nivel de confianza en la conformidad del producto.

*NOTA: La página web de ANDECE presenta un documento que permite la aplicación de las siguientes tablas de inspección, adaptándolo a la Instrucción EHE-08:*

[http://www.andece.org/images/stories/Alex/inspecciones\\_une\\_en\\_13369.pdf](http://www.andece.org/images/stories/Alex/inspecciones_une_en_13369.pdf)

Las reglas de cambio para los objetos del nivel de inspección indicados en los esquemas de inspección se recogen en la tabla D.5.

Los resultados de la inspección que se expresen en términos numéricos, todos los resultados de la inspección que requieran una acción correctora, así como los resultados de ensayo, deben registrarse y estar disponibles para su consulta.

Los ensayos se deben realizar de acuerdo con los métodos mencionados en la norma correspondiente o aplicando métodos de ensayo alternativos con una correlación comprobada, o con una relación segura, respecto a los métodos normalizados. Los resultados del ensayo deben satisfacer los criterios de conformidad especificados y deben estar disponibles para su consulta.

En cualquier caso, los aspectos de control no deben realizarse si no son relevantes para el producto específico o si ya están cubiertos por otras inspecciones apropiadas.



## 4.3.5.1. Inspección de equipos

Los equipos utilizados en fábrica para pesar, medir y efectuar los ensayos, deben calibrarse e inspeccionarse siguiendo el esquema de referencia que se muestra a continuación:

*Tablas D.1 – Inspección de equipos*

### D.1.1.- Equipo de medición y ensayo

	OBJETO	MÉTODO	OBJETIVO	FRECUENCIA
1	Equipo de ensayo de resistencia	Salvo indicación en contra en el método de ensayo, calibración con un equipo calibrado según normas nacionales y utilizado exclusivamente con este fin	Funcionamiento y precisión correctos	- Durante la (re)instalación o después de una reparación importante - Una vez al año
2	Equipo de pesaje			
3	Equipo de medición de dimensiones			
4	Equipo de medición de temperatura y humedad			

### D.1.2.- Equipo de almacenamiento y producción

	OBJETO	MÉTODO	OBJETIVO	FRECUENCIA
1	Almacenamiento de materiales	Inspección visual u otro método apropiado	Ausencia de contaminación	- Durante la instalación - Semanalmente
2		Inspección visual	Funcionamiento correcto	Diariamente
3	Equipo de dosificación por peso o volumétrica	Calibración con un equipo calibrado según normas nacionales y utilizado exclusivamente con este fin	Precisión declarada por el fabricante	- Durante la (re)instalación o después de una reparación importante - Por peso: una vez al año - Volumétrica: dos veces al año - En caso de duda
4	Equipo para la medición continua del contenido de agua en los áridos finos <sup>a</sup>	Comparación de la cantidad real con la lectura del medidor	Precisión declarada por el fabricante	- Durante la (re)instalación - Dos veces al año - En caso de duda
5	Mezcladoras	Inspección visual	Desgaste y funcionamiento correcto	Semanalmente
6	Moldes	Inspección visual	Estado (por ejemplo, desgaste y deformación)	Regularmente, dependiendo del tipo de material y de la frecuencia de uso
7	Equipo de pretensado	Calibración con un equipo calibrado según normas nacionales y utilizado exclusivamente con este fin	Funcionamiento y precisión correctos	- Durante la (re)instalación - Dos veces al año - En caso de duda
8		Inspección visual	Desgaste del equipo de anclaje	Semanalmente para cada equipo utilizado



	OBJETO	MÉTODO	OBJETIVO	FRECUENCIA
9	Equipo/máquina de moldeo	Instrucciones de inspección del fabricante	Compactación correcta del hormigón	Instrucciones de inspección del fabricante
10	Almacenamiento del acero de armado	Inspección visual	Para verificar la separación y limpieza del almacenamiento, la ausencia de contaminación y la limpieza de óxido de las barras	Regularmente
11	Almacenamiento del acero de pretensado	Inspección visual	Seco, almacenamiento aireado, ausencia de contaminación	Regularmente

<sup>a</sup> Sólo si el equipo está disponible y el fin no está cubierto por una(s) inspección(es) apropiada(s), según el apartado D.3.1. de la tabla D.4. o el apartado D.4.1.

NOTA: los contenidos de los esquemas en *letra cursiva* son añadidos de los esquemas que vienen en el Anexo A de la UNE-EN 1168, a los esquemas del Anexo D de la UNE-EN 13369.



## 4.3.5.2. Inspección de materiales

Las materias primas y otros materiales de entrada deben ser inspeccionados para comprobar que cumplen con lo establecido en la documentación técnica (véase apartado 4.3.3. Control de documentos).

Los esquemas de referencia para inspecciones, mediciones y ensayos son los siguientes:

### *Tablas D.2 – Inspección de materiales*

#### D.2.1.- Todos los materiales

	OBJETO	MÉTODO	OBJETIVO	FRECUENCIA
1	Todos los materiales	Inspección previa a la aceptación del albarán y/o de la etiqueta del embalaje que muestren la conformidad con el pedido <sup>B</sup>	Determinar si el envío se ajusta a lo solicitado y si la procedencia es adecuada	Cada entrega

#### D.2.2.- Materiales no sometidos a una evaluación de la conformidad antes de la entrega <sup>C</sup>

	OBJETO	MÉTODO	OBJETIVO	FRECUENCIA
1	Cemento y otros materiales aglomerantes <sup>C</sup>	Métodos de ensayo adecuados	Conformidad con los requisitos (véase el apartado 4.1.2 Materiales constituyentes del hormigón) <sup>A</sup>	Cada entrega
2	Áridos	Inspección visual de la granulometría y las impurezas previa a la descarga	Conformidad con los requisitos (véase el apartado 4.1.2 Materiales constituyentes del hormigón) <sup>A</sup>	- Cada entrega - En caso de entrega por cinta transportadora y de la misma fuente, periódicamente dependiendo de las condiciones locales o de entrega
3		Análisis tamizado según la Norma Europea EN 933-1	Evaluar la conformidad con la granulometría acordada	- 1ª entrega de una nueva fuente - En caso de duda, siguiendo una inspección visual
4		Método de ensayo adecuado	Valoración de impurezas o contaminantes	- Periódicamente, dependiendo de las condiciones locales o de entrega
5		Ensayo de absorción de agua según la Norma Europea EN 1097-6 <sup>D</sup>	Evaluación del contenido efectivo de agua en el hormigón (véase el apartado 5.4.2 Contenido de cemento y relación agua/cemento de la EN-206) <sup>D</sup>	- 1ª entrega de una nueva fuente - En caso de duda, siguiendo una inspección visual



	OBJETO	MÉTODO	OBJETIVO	FRECUENCIA
6	Aditivos <sup>F</sup>	Inspección visual	Conformidad con la apariencia normal	Cada entrega
7		Ensayo según Norma Europea EN 934-2	Densidad uniforme	
8		Ensayos de identificación según la Norma Europea EN 934-2 (por ejemplo: densidad, infrarrojos, etc.)	Conformidad con los datos aportados por el fabricante	En caso de duda
9	Adiciones/pigmentos <sup>F</sup>	Inspección visual	Conformidad con la apariencia normal	- Cada entrega - Periódicamente durante la producción de hormigón
10		Método de ensayo adecuado <sup>H</sup>	Densidad uniforme <sup>H</sup>	
11		Ensayo de pérdida al fuego <sup>G</sup>	Identificación de cambios en el contenido de carbono que puedan afectar al hormigón con aire ocluido <sup>G</sup>	- Cada entrega que se vaya a realizar de hormigón con aire ocluido
12	Agua no procedente de un red de distribución pública	Ensayo según Norma Europea EN 1008	Determinar que el agua no contiene sustancias perjudiciales	- 1 <sup>er</sup> uso de una nueva fuente - Agua de un curso de agua libre: mínimo 3 veces al año, dependiendo de las condiciones locales - Otras fuentes: una vez al año - En caso de duda
13	Agua reciclada	Inspección visual	Comprobar el contenido de sólidos y de contaminantes (véase el apartado 4.1.2 Materiales constituyentes del hormigón de la UNE-EN 13369) <sup>A</sup>	Semanalmente
14		Ensayo según EN 1008		En caso de duda
15	Acero	Inspección visual	Conformidad con los requisitos (véanse los apartados 4.1.3 Armadura de acero y 4.1.4 Acero pretensado, de la UNE-EN 13369) <sup>A</sup>	Cada entrega
16		Método de ensayo adecuado		
17	Anclajes y conectores	Método del fabricante	Conformidad con los requisitos (véase el apartado 4.1.5 Anclajes y conectores de la UNE-EN 13369) <sup>A</sup>	Cada entrega
<p><sup>A</sup> Los requisitos de esta norma se pueden completar con los requisitos de los fabricantes.</p> <p><sup>B</sup> La hoja de pedido debe mencionar las especificaciones.</p> <p><sup>C</sup> Materiales no comprobados antes de la entrega por el fabricante del producto prefabricado o por una tercera parte aceptada por él.</p> <p><sup>D</sup> No es necesario si el objetivo se cumple mediante otra inspección apropiada (según los apartados D.3.1 o D.4.1).</p> <p><sup>E</sup> Se recomienda tomar muestras una vez por semana de cada tipo de cemento y almacenarlas para ensayo en caso de duda.</p> <p><sup>F</sup> Se recomienda tomar muestras de cada entrega y almacenarlas para ensayo en caso de duda.</p> <p><sup>G</sup> Sólo para adiciones en polvo a granel para el uso del hormigón con aire ocluido.</p> <p><sup>H</sup> Sólo para adiciones en suspensión.</p>				



*NOTA: El Reglamento de Productos de Construcción no exige que el fabricante emplee para la fabricación del producto componentes con marcado CE, sean o no fabricados, o extraídos en el caso de los áridos, por él mismo para su uso propio, si bien el uso de componentes con marcado CE reduce las necesarias comprobaciones de sus características en la fase de control de producción que sí habría que hacer en caso de emplear materiales sin marcado CE.*

*Lo normal es que estos componentes lleven el marcado CE si el fabricante los adquiere en el mercado europeo y estos ya disponen de norma armonizada o ETE (Evaluación Técnica Europea – antiguo DITE). Sin embargo, hay algunos componentes que de forma excepcional todavía no lo llevan por no disponer aún de norma armonizada ni de ETE. En este caso, el fabricante, durante el proceso de control de los materiales empleados en la fabricación, tendrá que determinar todas las prestaciones del componente, empleando para ello la norma nacional de producto adecuada y las normas de ensayo especificadas en la misma de acuerdo con el sistema de evaluación de la conformidad especificado en la norma armonizada del prefabricado estructural.*

*Por otro lado, puede ser que el componente, aún disponiendo de norma armonizada o ETE, haya sido fabricado para uso propio (autosuministro). En este caso es necesario que el fabricante entienda que ese componente es para consumo interno en la fábrica y que no puede ser puesto en el mercado, y que debe, como en el caso anterior, comprobar las características del componente empleando para ello la norma armonizada.*

*Las garantías y responsabilidades del fabricante, serán asumidas con la Declaración de prestaciones y el marcado CE, que serán de aplicación al producto terminado, lo que llevará implícita la adecuación de los componentes empleados.*



## 4.3.5.3. Inspección del proceso

Los esquemas de referencia para inspecciones, mediciones y ensayos son los siguientes:

### Tablas D.3 – Inspección del proceso

#### D.3.1.- Hormigón <sup>A</sup>

	OBJETO	MÉTODO	OBJETIVO	FRECUENCIA
1	Composición de la mezcla (excepto contenido de agua)	- Comprobación visual en equipo de pesaje - Comprobación según documentos de producción	Conformidad con la composición prevista (dosificación en peso o volumen)	- Diariamente para cada composición empleada - Después de cada cambio
2		Análisis apropiado	Conformidad con los valores de mezcla previstos (sólo dosificación en volumen)	Mensualmente para cada composición empleada
3	Contenido de agua en el hormigón fresco	Método apropiado	Aportar datos para la relación agua/cemento	- Diariamente para cada composición empleada - Después de cada cambio - En caso de duda
4	Contenido de cloruros en el hormigón	Por cálculo	Asegurar que no se excede el máximo contenido en cloruros	En caso de incremento de contenido en cloruro de los componentes
5	Relación agua/cemento del hormigón fresco	Por cálculo (véase el apartado 5.4.2 Contenido de cemento y relación agua/cemento de la EN-206)	Comprobar la relación agua/cemento especificada	Diariamente, si se especifica
6	Contenido de aire del hormigón fresco cuando se especifique <sup>B</sup>	Ensayo según EN 12350-7 para hormigón normal y pesado, y la Norma Americana ASTM C 173 para hormigón aligerado	Comprobar la conformidad con el contenido de aire ocluido especificado	Primera amasada de cada día de producción hasta estabilizar valores
7	Mezcla del hormigón	Inspección visual	Mezcla correcta	Diariamente en cada mezcla
8	Resistencia potencial *	Ensayo 5.1.1 de EN 13369	Comprobar conformidad con valor previsto <sup>C</sup>	Diariamente para cada tipo de hormigón <sup>F</sup>
9	Resistencia estructural *		Comprobar conformidad con valor previsto <sup>D</sup>	Cada 5 días de producción por cada tipo de hormigón <sup>F</sup>
10	Densidad del hormigón endurecido, ligero o pesado <sup>E</sup>	Ensayo según EN 12390-7	Comprobar la densidad especificada (véase el apartado 4.2.2 Hormigón endurecido de la UNE-EN 13369)	Diariamente para cada tipo de hormigón
11	Absorción de agua	Ensayo según el Anexo G	Valor previsto (véase el apartado 4.3.7.5. y el Anexo G)	Cada 5 días de producción por cada tipo de hormigón endurecido utilizado y cada técnica de hormigón empleada. Se puede aplicar el apartado D.5.2. después de cinco resultados positivos



## D.3.2.- Otros objetos del proceso

	OBJETO <sup>G</sup>	MÉTODO	OBJETIVO	FRECUENCIA
1	Armadura y posibles anclajes para elevación **	Inspección visual <sup>H</sup>	Conformidad con el tipo pedido, la cantidad, la forma, las dimensiones y la posición requeridas	Diariamente
2		Medición <sup>H</sup>		Según el producto y/o el proceso
3	Soldadura **	Inspección visual	Calidad de las soldaduras	Diariamente
4		Métodos de ensayo apropiados	Conformidad del acero soldado (apartado 4.2.3.1 Proceso del acero de armar de la UNE-EN 13369)	Dependiendo de las instrucciones de inspección, pero no menos que cada 400 Tn de acero
5	Enderezado **	Inspección visual	Calidad del enderezado	Diariamente
6		Métodos de ensayo apropiados	Conformidad del acero enderezado (apartado 4.2.3.1 Proceso del acero de armar de la UNE-EN 13369)	Dependiendo de las instrucciones de inspección, pero no menos que cada 400 Tn de acero
7	Doblado	Inspección visual	Calidad del doblado	Diariamente
8		Métodos de ensayo apropiados	Conformidad del acero doblado (apartado 4.2.3.1 Proceso del acero de armar de la UNE-EN 13369)	Dependiendo de las instrucciones de inspección, pero no menos que cada 400 Tn de acero
9	Moldes y bancadas	Inspección visual	Limpieza y engrasado	Diariamente
10			Comprobar el desgaste y la deformación	Según el material del molde y frecuencia de uso
11			Determinación de las dimensiones	Cada nuevo molde o después de modificación importante
12	Pretensado **	Medición de la fuerza o de la elongación	Fuerza correcta (apartado 4.2.3.2 Tesado y pretensado de la UNE-EN 13369)	Dependiendo de las instrucciones de inspección del fabricante
13	Antes del hormigonado	Inspección visual	Conformidad con los planos de producción	Diariamente, con frecuencia dependiendo de la fase de moldeo
14	Hormigonado	Inspección visual	Compactación correcta	Diariamente
15	Protección contra el secado	Inspección visual	Conformidad con la especificación (apartado 4.2.1.3 Curado (Protección contra la pérdida de humedad) de la UNE-EN 13369) y los procedimientos de fábrica documentados	Diariamente
16		Verificación de las condiciones importantes del proceso		Semanalmente
17	Endurecimiento acelerado	Verificación de las condiciones importantes del proceso	Conformidad con la especificación y con los procedimientos de fábrica documentados	Diariamente
18		Medición de las temperaturas		Semanalmente



	OBJETO	MÉTODO	OBJETIVO	FRECUENCIA
19	Procedimiento de desmoldeo	Según sea apropiado	Conformidad con la especificación y con los procedimientos de fábrica documentados	Según el proceso y las especificaciones
20	Deslizamiento de tendones	Comprobación apropiada/medición	Conformidad con la especificación (apartado 4.2.3.2 Tesado y pretensado de la UNE-EN 13369)	Según el producto y/o el proceso <sup>1</sup>
21	Temperatura	Cuando sea importante, comprobar la temperatura (en el exterior, en la fabricación y en las zonas de almacenamiento)	Tomar medidas apropiadas	Diariamente
A	Los ensayos y frecuencias indicados se pueden adaptar o incluso eliminar cuando se obtenga información equivalente directa o indirectamente del producto.			
B	Sólo para hormigón que contenga aire ocluido (tabla F.1 de la EN 206).			
C	Por ejemplo, la clase de resistencia pedida en el caso de la resistencia a compresión (apartado 4.2.2.1 Hormigón endurecido. Clases de resistencia, de la UNE-EN 13369).			
D	Alternativamente se puede aplicar el apartado 8.2.1.2 Plan de muestreo y ensayo, de la EN 206.			
E	Sólo si se especifica la propiedad.			
F	Conforme a los requisitos de proceso del fabricante.			
G	Este esquema de inspección se puede adaptar o completar para objetivos específicos de producto.			
H	Comprobar con los planos de producción aprobados.			
I	La necesidad y la frecuencia de la medición efectiva puede depender de la posibilidad de comprobación visual en las secciones del producto.			

NOTA: los contenidos de los esquemas en *letra cursiva* son modificaciones y/o añadidos de los esquemas que vienen en el Anexo A de la UNE-EN 1168, a los esquemas del Anexo D de la UNE-EN 13369.



## 4.3.5.4. Inspección del producto terminado

Se debe preparar e implantar un plan de toma de muestras y de ensayo del producto acabado para la verificación de todas sus propiedades (incluyendo el marcado).

*Tablas D.4 – Inspección del producto terminado*

### D.4.1.- Ensayo de producto

	OBJETO	MÉTODO	OBJETIVO <sup>A</sup>	FRECUENCIA <sup>A</sup>
2	Deslizamiento inicial de cordones	Medida del deslizamiento para elementos no cortados	Conformidad con valor máximo según apartado 4.2.3.2.4 de la UNE-EN 13369	3 cordones por pista por día de producción
		Inspección inicial y medida de elementos cortados	Conformidad con valor máximo según apartado 4.2.3.2.4 de la UNE-EN 13369	Inspección visual de todos los elementos y, si no hay duda de las medidas, de tres cordones por día de producción. En caso de duda, medición de todos los cordones afectados
3	Marcado/etiquetado	Inspección visual	Conformidad con requisitos de UNE-EN 13369	Diariamente
4	Almacenamiento	Inspección visual	- Conformidad con requisitos de UNE-EN 13369 - Separación productos no conformes	Diariamente
5	Suministro	Inspección visual	Fechas correctas de suministro, carga y documentos de carga	Diariamente
6	Sección transversal y longitud	Medida según apartado 5.2 de EN 1168	Medidas	Un elemento de cada sección transversal de hormigón incluyendo al menos un elemento por máquina cada dos semanas de producción
7	Finales de pieza	Inspección visual	Fisuras por agrietamiento	Cada final de corte
		Medida de bordes según punto g) del apartado 5.2.1.1 de EN 1168	Recubrimiento de hormigón	Como para la sección transversal
8	Características de la superficie superior de contacto rugosa o dentada en caso de uso con una capa de compresión in situ	Inspección visual	Rugosidad para la resistencia a cortante	Como para la sección transversal



	OBJETO	MÉTODO	OBJETIVO <sup>A</sup>	FRECUENCIA <sup>A</sup>
9	<i>Agujeros de drenaje donde se especifican</i>	<i>Inspección visual</i>	<i>Taladro preciso</i>	<i>Diariamente</i>
10	<i>Resistencia del hormigón</i>	<i>Sobre los testigos extraídos del producto según EN 12504-1 y EN 12390-3 y valoración según EN 13791, o sobre cubos o cilindros según EN 12390-2 y EN 12390-3 ó</i>  <i>Sobre testigos extraídos del producto según EN 12390-6 y EN 12504-1</i>	<i>Resistencia a compresión ó</i>  <i>Resistencia al agrietamiento por tracción<sup>C</sup></i>	<i>Al comienzo de la producción o introducción de un nuevo elemento: tres por ensayo a escala real</i>  <i>Al comienzo de la producción o introducción de un nuevo elemento tipo: tres por ensayo a escala real</i>
<sup>A</sup>	Los ensayos y frecuencias indicados se pueden adaptar o incluso eliminar cuando se obtenga información equivalente directa o indirectamente del producto o del proceso.			
<sup>B</sup>	Se puede considerar los ensayos a escala real previos realizados antes de la fecha de publicación de la Norma Europea UNE-EN 1168 si se cumplen los requisitos de dicha norma.			
<sup>C</sup>	Siguiendo los procesos de producción, el fabricante puede elegir uno de los métodos mencionados.			

NOTA: los contenidos de los esquemas en *letra cursiva* son modificaciones y/o añadidos de los esquemas que vienen en el Anexo A de la UNE-EN 1168, a los esquemas del Anexo D de la UNE-EN 13369.



### **4.3.5.5. Reglas de cambio**

Las reglas de cambio del nivel de inspección sólo son de aplicación para los objetos de inspección (véanse las tablas D.1 a D.4) relacionados con los ensayos de muestras de productos, unidades o probetas que proporcionen resultados cuantificados y revisados respecto a los valores especificados o declarados.

Las reglas de cambio se aplican para cada objeto seleccionado por separado.

Dependiendo del objeto, se puede dar un resultado individual o uno relativo a un grupo de resultados obtenidos a partir de una muestra.

#### **INSPECCIÓN NORMAL**

La frecuencia de inspección debe ser conforme con las tablas D.1 a D.4.

#### **INSPECCIÓN NORMAL A REDUCIDA**

La inspección reducida corresponde a la mitad de la inspección normal. Se puede utilizar cuando la inspección normal es efectiva y se hayan aceptado los 10 resultados anteriores sucesivos.

#### **INSPECCIÓN REDUCIDA A NORMAL**

Cuando se esté efectuando la inspección reducida, la inspección normal debe reinstaurarse si se da cualquiera de los siguientes casos:

- No se acepta un resultado.
- O la producción se vuelve irregular o se retrasa.
- U otras condiciones justifican la instauración de la inspección normal.

#### **INSPECCIÓN NORMAL A INTENSA**

La inspección intensa corresponde a la doble de la frecuencia de la inspección normal. Se debe utilizar cuando en la inspección normal, de cinco o menos resultados consecutivos, dos no se hayan aceptado.

#### **INSPECCIÓN INTENSA A NORMAL**

La inspección intensa continua hasta que cinco resultados hayan sido aceptados. Entonces se puede reanudar la inspección normal.

#### **PARADA NORMAL**

Si se tiene que mantener la inspección intensa durante 10 resultados consecutivos, la producción se debe parar. Se debe investigar la causa del fallo y tomar las medidas correctoras necesarias para restablecer la conformidad del producto. La inspección se debe reanudar con la inspección intensa.



## 4.4. Ensayos adicionales de las muestras tomadas en fábrica

### ✓ 6.2.3. UNE-EN 13369: Ensayo de tipo adicional.

Siempre que haya un cambio en el proyecto, composición del hormigón, tipo de acero, método de fabricación u otros, que puedan modificar significativamente alguna de las propiedades del producto, se deben llevar a cabo ensayos/cálculo de tipo adicionales adecuados, según las características esenciales declaradas en el capítulo 4.2. de esta guía.

### ✓ 6.2.3. UNE-EN 13369: Ensayo de tipo adicional.

Complementariamente al apartado 6.2.3 de la Norma EN 13369:2004 debe aplicarse lo siguiente:

Deben realizarse ensayos de tipo a escala real adicionales conforme al Anexo J si hay un cambio importante en el diseño de las secciones transversales, en la resistencia a cortante, en el tipo u operación principal de la máquina de producción o si hay algún otro cambio que pueda afectar significativamente a la resistencia a cortante.

El ensayo de tipo adicional a escala real debe realizarse sobre al menos una familia de producto para comprobar la resistencia a cortante obtenida por cálculo (véase el apartado 6.2.2).

El cambio sobre más de una clase de resistencia a compresión del hormigón debe considerarse como un cambio importante de la resistencia del hormigón.

Además puede requerirse, en caso de duda, un ensayo de tipo adicional conforme al Anexo J, sobre el funcionamiento de la máquina de producción sobre la base de las inspecciones del control de producción en fábrica (por ejemplo, deslizamiento de los tendones o fallo de la compactación del hormigón).

Dependiendo de la naturaleza del cambio, debe aplicarse el apartado 6.2.2. para las secciones relevantes y las instalaciones.



## 5. Tareas del Organismo Notificado

- ✓ Anexo E UNE-EN 13369: Evaluación de la conformidad por una tercera parte.

La DPC establece que, para el sistema de evaluación de la conformidad 2+, además de las características y valores que deben cumplir los productos para poder llevar el marcado CE, el cumplimiento de estas características debe ser evaluado de una forma concreta y definida por unos Organismos (llamados de tercera parte) externos al fabricante.

### **Organismo de Notificación, de certificación o de tercera parte**

Organismo imparcial con la competencia y la responsabilidad necesarias para efectuar la certificación de conformidad de acuerdo con normas de procedimiento y de gestión establecidas.

Las tareas del Organismo Notificado para el Control de Producción en Fábrica, según un sistema 2+, son:

- Inspección inicial de la fábrica y del Control de Producción en Fábrica.
- Inspección, evaluación y aprobación continua del Control de Producción en Fábrica (incluyendo supervisión de las mediciones y de los ensayos de materiales, procesos y productos).

### 5.1. Inspección inicial

Tiene por objeto determinar si se cumplen los requisitos del capítulo 4.3. de esta guía (Control de Producción en Fábrica).

El organismo notificado inicia su trabajo llevando a cabo una inspección de la fábrica (desde la zona de entrada de componentes hasta su expedición), en la que puede ir comprobando diferentes aspectos como:

- La adecuación de los medios de producción y el proceso de producción en relación al manual de calidad y en relación con su aptitud para que los productos cumplan las especificaciones de la correspondiente norma de producto.
- El funcionamiento de los equipos utilizados para pesar, medir y efectuar los ensayos.
- La existencia de unos esquemas para inspecciones mediciones y ensayos.
- La adecuación de los locales o terrenos para el almacenamiento de materias primas, materiales y productos terminados.
- En caso de disponer de laboratorio propio, debe ser inspeccionado.

Pueden darse dos casos, según si la línea de producción ya ha sido analizada o no para certificar otros productos. En el caso de un nuevo tipo de producto de uso estructural en una línea existente, se tendrá en cuenta toda la información sobre cambios importantes que afecten al control de producción en fábrica. En función de los cambios en el manual de Control de Producción, el Organismo Notificado decidirá si es necesaria una inspección particular.



Todos los resultados de la inspección inicial, especialmente aquellos relativos al sistema de Control de Producción en Fábrica manejado por el fabricante y la valoración de la aceptación del sistema, deben documentarse en un informe.

De cada inspección se preparara un informe confidencial que se enviara al fabricante, en el que se reflejarán, en el caso de que existan, las desviaciones encontradas y los plazos en los que el fabricante deberá corregirlas. Éste deberá determinar las causas de dicha no-conformidad, tomar las medidas correctoras pertinentes y realizar una revisión de todos los procedimientos de control de producción en fábrica.

Todas y cada una de las acciones y decisiones deberán documentarse en un informe sujeto a inspección por la Dirección durante la revisión llevada a cabo por la misma.

## **5.2. Vigilancia, evaluación y aprobación continua**

Para la vigilancia rutinaria, la evaluación y la aprobación del Control de Producción en Fábrica, el objetivo principal de la tercera parte es comprobar si se mantiene la conformidad con los requisitos del capítulo 4.3. de esta guía.

La tercera parte debe definir y manejar un programa de rutina, de manera que se inspeccionen todos los aspectos esenciales de la producción en fábrica al menos una vez al año para los aspectos del sistema y al menos dos veces al año para el resto de los aspectos.

Durante la inspección rutinaria, los resultados del control de producción del fabricante también se deben examinar para asegurar que el ensayo pedido se ha llevado a cabo con la frecuencia apropiada y que se han emprendido las acciones adecuadas, incluyendo la calibración y el mantenimiento del equipo de ensayo. Además, se debería revisar el cumplimiento de los requisitos de marcado.

Puede además presenciar la ejecución de los ensayos rutinarios de resistencia en muestras de hormigón y las comprobaciones de las tolerancias y otras características particulares del producto, que forman parte de los esquemas de inspección del sistema de control de la producción en fábrica.

La tercera parte debe examinar anualmente que las correlaciones o las relaciones de seguridad para los ensayos indirectos son todavía válidos tal y como los estableció el fabricante.

Los resultados de las inspecciones rutinarias se deben documentar en los registros de inspección.

En el caso de que se detecten no conformidades sobre el producto, se seguirá el procedimiento descrito anteriormente. Adicionalmente, el fabricante deberá determinar inmediatamente la cantidad afectada e informar a los clientes afectados cuando dicho producto haya sido expedido. El fabricante debe tener organizado y guardar un registro de todas las no conformidades y quejas relativas al producto cubierto por esta vigilancia del control de producción en fábrica y tenerlo a disposición del Organismo Notificado cuando lo requiera.



Al finalizar la auditoría de seguimiento, el Organismo Notificado decidirá si el certificado de conformidad CE sigue siendo válido. En caso que todas las evaluaciones de seguimiento sean conformes, comunicara al fabricante de que el certificado inicial sigue siendo válido.



## 6. Documentación

- ✓ ZA.2.2 UNE-EN 15037-2: Certificado de conformidad y declaración de prestaciones

### 6.1. Declaración de prestaciones (del fabricante)

- ✓ Anexo III del Reglamento de Productos de Construcción

NOTA: Documento que con la entrada en vigor del Reglamento europeo de Productos de Construcción, sustituye a la antigua Declaración CE de Conformidad.

Según el Artículo 6 y el Anexo III del RPC, el fabricante deberá emitir una declaración de prestaciones que expresará los valores característicos del producto de construcción en relación con sus características esenciales, de conformidad con las especificaciones técnicas armonizadas pertinentes, en el caso de los productos prefabricados de hormigón, según la relación de características declarables que contenga el Anexo ZA de la norma correspondiente. Se puede hacer perfectamente en base a los datos que ya tienen del marcado CE de la DPC.

La declaración de prestaciones contendrá en particular los siguientes datos:

1. Código de identificación única del producto tipo
2. Tipo, lote o número de serie o cualquier otro elemento que permita la identificación del producto de construcción como se establece en el artículo 11, apartado 4
3. Uso o usos previstos del producto de construcción, con arreglo a la especificación técnica armonizada aplicable, tal como lo establece el fabricante
4. Nombre, nombre o marca registrados y dirección de contacto del fabricante según lo dispuesto en el artículo 11, apartado 5:
6. Sistema o sistemas de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones del producto de construcción tal como figura en el anexo V
5. En su caso, nombre y dirección de contacto del representante autorizado cuyo mandato abarca las tareas especificadas en el artículo 12, apartado 2
7. Producto de construcción cubierto por una norma armonizada
9. Prestaciones declaradas
10. Las prestaciones del producto identificado en los puntos 1 y 2 son conformes con las prestaciones declaradas en el punto 9. La presente declaración de prestaciones se emite bajo la sola responsabilidad del fabricante identificado en el punto 4. Nombre y cargo de la persona facultada para firmar la declaración en nombre del fabricante o de su representante autorizado.

NOTA: Ver ejemplo en la guía de ayuda: <http://www.andece.org/index.php/reglamentacion-general/reglamento-productos-construccion>

Éste es el primer documento que podrán exigir las autoridades de vigilancia de mercado o de control de calidad de las Autonomías o los propios clientes. A esta declaración le puede acompañar, si se estima oportuno, otros documentos relativos al marcado CE: certificados o ensayos, informaciones complementarias de otras características o usos, marcas de calidad voluntarias, etc.



Este documento representa la responsabilidad ante terceros por parte del fabricante, de que ha colocado el marcado CE de forma correcta, que cumple con las especificaciones de la Norma y que ha aplicado correctamente el sistema de evaluación de la conformidad que le afecta.

## **6.2. Certificado de conformidad del CPF (del Organismo Notificado)**

La declaración se debe acompañar de un certificado de control de producción en fábrica, emitido por el Organismo Notificado que debe incluir, además de los datos citados anteriormente, la siguiente información:

- Nombre y dirección del Organismo Notificado.
- Número del certificado de control de producción en fábrica.
- Condiciones y periodo de validez del certificado, si procede.
- Nombre y cargo de la persona facultada para firmar el certificado.



## Modelo de certificado de conformidad del CPF

LOGO DEL ORGANISMO NOTIFICADO	<b>Nombre y dirección del Organismo Notificado</b>
<b>CERTIFICADO DE CONFORMIDAD DEL CONTROL DE PRODUCCIÓN EN FÁBRICA</b>	
<b>OXXX - CPR - YYY</b>	
De conformidad con lo establecido en Reglamento (UE) nº 305/2011	
<b>PRODUCTO</b>	
<b>eventualmente, características del producto (prestaciones del producto) y clases; descripción del producto (tipo, identificación, uso...); campo de aplicación; condiciones particulares aplicables según el uso del producto de acuerdo con la especificación técnica</b>	
Producido por el fabricante	
Nombre del fabricante	
Dirección completa	
En la fábrica	
Es sometido por el fabricante al ensayo inicial de tipo del producto y al control de producción en fábrica y que el organismo notificado <b>&lt;Nombre del Organismo de Certificación&gt;</b> ha realizado la inspección inicial de la fábrica y del control de producción y está llevando a cabo el seguimiento, evaluación y aprobación permanentes del control de producción en fábrica.	
Este certificado da fe de que se han aplicado todas las disposiciones relacionadas con la Certificación de Conformidad descritas en el Anejo ZA de la norma:	
<b>UNE-EN 1168:2006+A3:2012</b>	
Este certificado se emitió por primera vez el <b>&lt;fecha&gt;</b> y permanece válido en tanto en cuanto las condiciones establecidas en la especificación técnica armonizada referentes a las Condiciones de fabricación en la fábrica o el citado control de producción en fábrica no se modifiquen significativamente y como mucho hasta el <b>&lt;fecha&gt;</b> .	
Lugar, Fecha	
Firma autorizada	
Título, Cargo	

La declaración y el certificado citados deben estar redactados en el(los) idioma(s) oficial(es) del(los) Estado(s) Miembro(s) en el(los) que el(los) producto(s) se va(vayan) a comercializar.



## 6.3. Mercado CE y etiquetado

### ✓ ZA.3.1 UNE-EN 1168: Mercado CE y etiquetado. Generalidades.

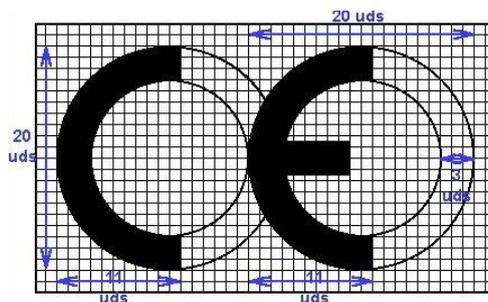
El marcado CE lo pone el fabricante cuando tiene todos los datos y documentos que le permiten asegurar que cumple con los requisitos de la norma, es decir:

- que tiene los ensayos iniciales de tipo,
- que ha realizado y documentado el control de producción obteniendo resultados que le permiten confirmar los resultados obtenidos en los ensayos iniciales de tipo,
- que un organismo notificado le ha vigilado dicho control y
- que el mismo organismo le ha extendido el certificado de conformidad del control de producción mencionado.

Por todo ello, la responsabilidad del marcado CE recae en primer lugar sobre el propio fabricante (o su representante autorizado en el EEE) y en segundo lugar sobre el organismo que le hace la inspección inicial, el seguimiento del control y le extiende el certificado de conformidad del control de producción (en el caso de sistema 2+).

El símbolo del marcado CE a estampar debe ser conforme con la Directiva 93/68/CE y se exhibirá considerando la jerarquía de preferencia: en el propio producto, en una etiqueta adherida a él, en el embalaje, o en la documentación comercial que le acompaña (por ejemplo, en el albarán de entrega). Esta lista indica un orden de preferencia. Siempre que sea posible se deberá poner el marcado sobre el producto y, en su defecto, en la posición más cercana al mismo, o la que sea más cómoda o fácil de encontrar por el usuario.

El marcado CE de conformidad estará compuesto de las iniciales "CE" diseñadas de la siguiente manera:



En caso de reducirse o aumentarse el tamaño del marcado CE, deberán conservarse las proporciones de este logotipo.

Los diferentes elementos del marcado CE deberán tener una dimensión vertical apreciablemente igual que no será inferior a 5 mm.

Se prohíbe expresamente la colocación de marcados que puedan inducir a error en relación con el significado del logotipo de marcado CE, aunque se permite colocar otras marcas, con la condición de que no reduzcan la visibilidad ni la legibilidad del marcado CE.

El símbolo del marcado CE debe ir acompañado de la siguiente información:



- Número de identificación del Organismo Notificado (sólo para los productos bajo el sistema 2+).
- Nombre o marca comercial y dirección registrada del fabricante.
- Los dos últimos dígitos del año en que se fija el marcado.
- Número del certificado de control de producción en fábrica (sólo para los productos bajo el sistema 2+).
- Referencia a esta Norma.
- Descripción del producto: nombre genérico, materiales, medidas, etc. y uso previsto.
- Información sobre aquellas características esenciales indicadas en la Tabla ZA.1.
- Características a las que se aplica la opción "Prestación no determinada" (PND).

La opción PND no se puede utilizar cuando la característica tiene un nivel umbral. Por otro lado, esta opción se puede utilizar cuando y donde la característica, para un uso previsto, no esté sujeta a reglamentación en el Estado Miembro de destino.

El cliente debe recibir siempre la información completa que constituye el marcado CE, aunque se acepta que en el suministro del producto aparezcan etiquetas simplificadas (en sustitución de las etiquetas definidas según el método de marcado CE escogido por el fabricante, y vistas en el capítulo 4.1.).

En el caso de una etiqueta simplificada, las informaciones siguientes se deben añadir al símbolo del marcado CE:

- nombre o marca comercial y dirección registrada del fabricante;
- número de identificación del elemento (para asegurar la trazabilidad) ;
- las dos últimas cifras de año en el que se fijó el marcado;
- número del certificado CE del control de producción en fábrica (sólo sistema 2+);
- referencia a esta norma europea.

El mismo número de identificación debe indicar, en los documentos de acompañamiento, las informaciones relativas al elemento.

En la figura ZA.1 se ilustra la etiqueta simplificada para estampar sobre el producto, conteniendo el conjunto mínimo de información y el enlace al documento acompañante donde se proporciona el resto de información.



*Figura ZA.1 – Ejemplo de etiqueta simplificada*

<b>CE</b>
Compañía, Dirección 45PJ76 09 0123-CPD-0456
EN 1168

El marcado de conformidad CE, consistente en el símbolo "CE" establecido en la Directiva 93/68/CEE

Nombre o marca comercial y dirección registrada del fabricante

Número de identificación de la unidad

Los dos últimos dígitos del año en que se fijó el marcado

Número del certificado CPF

Número de esta Norma Europea

Para productos pequeños, y por razones de estampación del producto, el tamaño puede reducirse mediante la eliminación de la referencia a la norma y/o al certificado de control de producción en fábrica.

En lo que concierne a la información sobre las características esenciales, algunas de ellas se pueden dar mediante una referencia inequívoca a:

- La información técnica (catálogo de producto): método 1.
- La documentación técnica: método 2.
- Las especificaciones de proyecto: métodos 3.

**TRAZABILIDAD:** cada elemento individual entregado debe ser perfectamente identificable y permitir su trazabilidad hasta la puesta en obra desde el lugar y fecha de producción. Con este fin, el fabricante debe marcar los productos o los documentos de entrega de modo que se pueda asegurar la relación con los expedientes de calidad correspondientes requeridos en esta norma. El fabricante debe conservar estos expedientes durante el periodo requerido de archivo y ponerlos a disposición de quien los requiera.



## Anexo A. Relación de normas a las que se hace referencia desde la Norma UNE-EN 1168

UNE-EN 1168:2006+A3:2012	Productos prefabricados de hormigón. Placas alveolares
UNE-EN 13369:2013	Reglas comunes para productos prefabricados de hormigón
REGLAMENTO 305/2011 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO	REGLAMENTO por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción
REGLAMENTO 765/2008	Requisitos de acreditación y vigilancia del mercado relativos a la comercialización de los productos
UNE-EN 1992-1-1:2010	Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón - Parte 1.1: Reglas generales y reglas para edificación
EN 1992-1-2:2004	Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón - Parte 1.2: Proyecto de estructuras sometidas al fuego
EN 1990	Eurocódigo 0: Bases de cálculos de estructuras.
EHE-08	Instrucción de hormigón estructural
UNE-EN 206-1:2008	Hormigón. Parte 1: especificaciones, prestaciones, producción y conformidad
UNE-EN 12350-1:2006	Ensayos de hormigón fresco. Parte 1: Toma de muestras.
UNE-EN 12350-7:2001	Ensayos de hormigón fresco. Parte 7: Determinación del contenido de aire. Métodos de presión.
UNE-EN 12390-1:2001	Ensayos de hormigón endurecido. Parte 1: Forma, medidas y otras características de las probetas y moldes.
UNE-EN 12390-2:2001	Ensayos de hormigón endurecido. Parte 2: Fabricación y curado de probetas para ensayos de resistencia.
UNE-EN 12390-3:2001	Ensayos de hormigón endurecido. Parte 3: Determinación de la resistencia a compresión de probetas.
ASTM C 173	Método de prueba estándar para determinar el contenido de aire del concreto recién mezclado por el método volumétrico.
UNE-EN 1008:2007	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
UNE-EN 10080:2006	Acero para el armado del hormigón. Acero soldable para armaduras de hormigón armado. Generalidades.
prEN 10138-1	Prestressing steels - Part 1: General requirements.
prEN 10138-2	Prestressing steels - Part 2: Wire.
prEN 10138-3	Prestressing steels - Part 3: Strand.
prEN 10138-4	Prestressing steels - Part 4: Bars.
UNE-EN 933-1:1998	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Método del tamizado.
UNE-EN 1097-6:2001	Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 6: Determinación de la densidad de las partículas y la absorción de agua.



UNE-EN 934-2:2010	Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Parta 2: Aditivos para hormigones. Definiciones, requisitos, conformidad, marcado y etiquetado.
UNE-EN-ISO 12572:2002	Prestaciones higrotérmicas de los productos y materiales para edificios. Determinación de las propiedades de transmisión de vapor de agua.
UNE-EN 13501-1:2002	Clasificación de la reacción al fuego de los materiales de construcción
UNE-EN 13501-2:2004	Clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de su comportamiento ante el fuego. Parte 2: clasificación a partir de datos obtenidos en los ensayos de resistencia al fuego excluidas las instalaciones de ventilación.
UNE-EN-ISO 140-3:1995	Medida del aislamiento acústico de los edificios y de los elementos constructivos. Parte 3: Medida en laboratorio del aislamiento a ruido aéreo de los elementos constructivos.
UNE-EN-ISO 140-6:1999	Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 6: Mediciones en laboratorio del aislamiento acústico de suelos al ruido de impactos.
UNE-EN-ISO 717-1:1997	Evaluación del aislamiento acústico de los edificios y de los elementos constructivos. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.
UNE EN-ISO 717-2: 1997	Acústica. Evaluación del aislamiento acústico de los edificios y de los elementos de construcción. Parte 2: Aislamiento a ruido de impactos.
UNE-EN 12354-1:2000	Acústica de la edificación. Estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos. Parte 1: Aislamiento acústico del ruido aéreo entre recintos.
UNE-EN 12354-2:2001	Acústica de la edificación. Estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos. Parte 2: Aislamiento acústico a ruido de impactos entre recintos.
UNE-EN-ISO 9001:2008	Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos.

Existen además unas guías de referencia, denominadas Guías de la Comisión, que son elaboradas para aclaración de aspectos poco concretos de la Directiva y que es conveniente tener en cuenta para entender el contenido de las normas citadas:

- Guía A: "La designación de organismos notificados en el campo de la directiva de productos de construcción" que informa sobre los requisitos que se imponen a los organismos de certificación, inspección y ensayo para su notificación.
- Guía B: "La definición del control de producción en fábrica en las especificaciones técnicas de los productos de construcción".
- Guía D: "El mercado CE según la Directiva de Productos de Construcción" que aclara el contenido del mercado CE y su significado.
- Guía K: "Los sistemas de certificación de conformidad y el papel y tareas de los organismos notificados en el campo de la directiva de productos de construcción", que permite entender los sistemas de certificación empleados en la directiva y las funciones de los organismos notificados y de los fabricantes en los mismos.
- Guía L: "Aplicación y uso de los Eurocódigos", que expone los distintos métodos de presentación de la información que debe acompañar al mercado CE.
- Guía M: "La evaluación de conformidad según la DPC: Los ensayos iniciales de tipo y el control de producción en fábrica"



Estas guías se pueden obtener a través del servicio de publicaciones del Ministerio de Fomento: "Guías para la aplicación de la Directiva 89/106/CEE, traspuestas por Real Decreto 1630/1992 de 29 de diciembre, sobre disposiciones para la libre comercialización de productos de construcción":

Fax: 915 976 186	cpublic@fomento.es
------------------	--------------------

Además, los Organismos Notificados europeos han elaborado un Position Paper "GNB-CPD SG13", lo que constituye una guía para los propios organismos en la certificación de productos prefabricados de hormigón:

NOTA: Todas estas guías están disponibles en inglés para descargar de forma gratuita en:

<http://ec.europa.eu/enterprise/newapproach/nando/index.cfm?fuseaction=cpd.positionpapers&CFID=4381427&CFTOKEN=e0761a6bce10a43e-98B6A782-C25E-C9A8-D671D57BAC72D83D&jsessionid=f00366eaa01f4dc9ad50694d285436736611>



## Anexo B. Organismos Notificados

En este apartado se incluye la lista de los Organismos Notificados que, en el momento de publicación de esta guía, pueden acudir los fabricantes de las placas alveolares de hormigón prefabricado que estén dentro del campo de aplicación de la Norma UNE-EN 1168 y que tienen competencia en España para realizar las tareas de certificación del control de producción en fábrica y emitir el correspondiente certificado.

### **Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR)**

*D. Luis Lázaro García*

*Calle Génova, 6*

*28004 Madrid*

*Teléfono 91 432 60 00*

*Fax 91 310 46 83*

*e-mail: [LLAZARO@aenor.es](mailto:LLAZARO@aenor.es)*

### **Instituto Tecnológico de la Construcción AIDICO**

*Dña. Mónica Rodríguez Gascó*

*Parque Tecnológico de Valencia. Avenida de Benjamín Franklin, 17. Apartado 98*

*46980 Paterna (Valencia)*

*Teléfono 96 131 82 78*

*Fax 96 131 80 33*

*e-mail: [monica.rodriquez@aidico.es](mailto:monica.rodriquez@aidico.es)*

### **Applus + LGAI**

*D. Feliciano García Bautista*

*Campus de la UAB- Apartado de correos, 18*

*08193 Bellaterra (Barcelona)*

*Teléfono 93 567 20 00*

*Fax 93 567 20 01*

*e-mail: [feliciano.garcia@applus.com](mailto:feliciano.garcia@applus.com)*

### **BUREAU VERITAS CERTIFICATION, S.A.**

*D. Javier Herranz Martínez*

*Polígono industrial La Granja, C/Valportillo Primera, 22-24 Edificio Caoba*

*28108 Alcobendas (Madrid)*

*Teléfono 93 253 53 30*

*Fax 93 253 53 31*

*e-mail: [javier.herranz@es.bureauveritas.com](mailto:javier.herranz@es.bureauveritas.com)*



**CEMOSA. Ingeniería y Control**

Dña. Alicia Pacheco Gómez

Benaque, 9

29004 Málaga

Teléfono 95 223 08 42

Fax 95 223 12 14

e-mail: [alicia.pacheco@cemosa.es](mailto:alicia.pacheco@cemosa.es)

**CERTIMEDIA. Entidad de Certificación S.L.**

D. Antonio Martos González

Polígono Industrial Valmor. C/ Yeseros, 13

28340 Valdemoro (Madrid)

Teléfono 918 092 335

Fax 918 081 746

e-mail: [amg@certimedia.es](mailto:amg@certimedia.es)

**OCA INSTITUTO DE CERTIFICACIÓN, S.L. (Unipersonal)**

D. Raúl Mesa Pérez

Avda. de les Garrigues, 46 3ª Planta

Parc. Empresarial El Mas Blau II

08820 Prat de Llobregat (Barcelona)

Tel: 932.172.703

Fax: 932.185.195

email: [ramesa@ocacert.com](mailto:ramesa@ocacert.com)

**TECNALIA R&I CERTIFICACIÓN**

Dña. Eva Sánchez Hernández

Área Anardi, 5

20730 Azpeitia (Guipúzcoa)

Teléfono 943 816 800

Fax 943 816 074

e-mail: [eva.sanchez@tecnaliacertificacion.com](mailto:eva.sanchez@tecnaliacertificacion.com)

**VERUS CERTIFICACIÓN**

D. Alfonso Valenzuela García

Figurillas, 11. Urb. El Olivar

29140 Málaga

Teléfono 951 925 041

e-mail: [alfonso.valenzuela@veruscert.com](mailto:alfonso.valenzuela@veruscert.com)



## Anexo C. El mercado CE dentro de la EHE-08

### C.1. Generalidades

Se trata del reglamento de referencia para el proyecto, construcción y mantenimiento de las estructuras de hormigón en España. Cuando en la norma de producto se habla de procedimientos nacionales, se debe entender que, para productos destinados a su comercialización en España, son de aplicación los que establece la Instrucción EHE (con las excepciones en ella mencionadas).

La EHE-08, primera Instrucción con el mercado CE en una fase de aplicación importante (ya más de 400 normas de productos de construcción con exigencia de mercado CE), le concede una serie de ventajas a los productos que dispongan de mercado CE.

+info en web ANDECE – Apartado sobre EHE-08:

<http://www.andece.org/index.php/reglamentacion-general/ehe>

### C.2. Los productos con mercado CE dentro de la EHE-08

El protagonismo que ha ido adquiriendo la ejecución de estructuras con prefabricados de hormigón, supuso que la Instrucción EHE-08 definiera por primera vez un tratamiento particular para estos productos, diferenciándola de las estructuras construidas in situ, incidiendo particularmente en cómo debe llevarse a cabo el control de recepción de los elementos en la obra.

El fabricante, que suele actuar como suministrador o comercializador de sus productos a la obra (incluso ser el propio instalador en algún caso) debe hacer valer la tenencia del mercado CE. Como ya hemos visto, el mercado CE implica que el fabricante lleva a cabo una serie de tareas de control de la fabricación (y que en el caso de los productos prefabricados con aplicaciones estructurales hay un Organismo Certificador que lo comprueba). Los Arts. 79.3. y 84. indican que el control en obra de aquellos productos con mercado CE y/o Distintivo de Calidad, que ya están sometidos tanto por el fabricante como por un Organismo Certificador acreditado a tal efecto, a un control de calidad continuo en las plantas de producción, se pueda limitar a una simple verificación documental (sin necesidad de ensayos y comprobaciones adicionales), ya que se constata que la calidad y fiabilidad reglamentaria ha quedado asegurada previamente.

Es decir, los responsables de recepcionar el material en la obra, podrán limitarse a hacer una comprobación documental, puesto que estos productos ya son controlados tanto por el fabricante (de forma continua) como por el Organismo Notificado (de forma puntual en las inspecciones).

Por ello, **ANDECE** ha desarrollado una "**Ficha de Control Documental**" que recoge toda la documentación tipo que el fabricante debe proveer junto al material suministrado y que, a su vez, el prescriptor debe solicitar al recepcionar el material en la obra, en cumplimiento de la normativa vigente. Su objetivo es tener un modelo sencillo que permita seguir un criterio fijo de



actuación en los documentos de acompañamiento en el suministro y recepción de estos productos.

Puede descargarse la ficha actualizada en el apartado de "Control documental" de la sección de "Reglamentación" de la web de ANDECE:

<http://www.andece.org/index.php/reglamentacion-general/control-documental>

### **C.3. Coeficientes de ponderación de la resistencia del hormigón y acero**

La EHE-08 contempla, en su Artículo 91.1, tres niveles de garantía para los elementos prefabricados de hormigón estructural:

- a) En el caso general de elementos prefabricados elaborados con hormigón conforme a la **UNE-EN 206-1:2008, (marcado CE)** se empleará en el proyecto del elemento prefabricado un **coeficiente de ponderación**, en situación persistente o transitoria, de **1,70** para el **hormigón y 1,15 para el acero**.
- b) El prefabricador puede optar por fabricar el hormigón conforme a los criterios establecidos en la **EHE-08 (Artículo 86.9.)**, con lo que se le aplicará a la resistencia característica de los productos que fabrique con este tipo de control, un coeficiente de ponderación de **1,50 (y 1,15 para el acero)**.
- c) Dichos coeficientes podrán disminuirse hasta **1,35 y 1,10**, respectivamente, en el caso de que elemento prefabricado esté en posesión de un **Distintivo de Calidad** con un nivel de garantía conforme al apartado 5.3. del Anejo 19 de la Instrucción.
  - a. Para el acero, deberá además cumplirse que:
    - i. Control de la ejecución de la estructura con nivel intenso y tolerancias de colocación de la armadura conformes con Anejo 11 de esta Instrucción y/o
    - ii. Acero para las armaduras pasivas esté en posesión de un distintivo de calidad
  - b. Para el hormigón, deberá además cumplirse que:
    - i. Control de la ejecución de la estructura con nivel intenso y desviación de la geometría de la sección transversal conformes con Anejo 11 de esta Instrucción.

Por tanto, lo recomendable puede ser que el fabricante elija realizar el control de conformidad del hormigón de forma que los coeficientes de minoración de los materiales sean los menores posibles. A este respecto, tiene a su disposición el procedimiento desarrollado por el "*Grupo de Trabajo para la discusión de aspectos técnicos y normativos de los Prefabricados de Hormigón estructurales*" para aplicar el coeficiente de 1,5 en el caso de productos con marcado CE (opción b) anterior) en el siguiente link:

<http://www.andece.org/index.php/reglamentacion-general/ehe/documentacion-de-ayuda>



## Anexo D. Ensayo a escala real

### ✓ Anexo J UNE-EN 1168: Ensayo a escala real

#### J.1 Generalidades

Los elementos a ensayar deben ser representativos de las secciones de la familia de productos; la fuerza total de pretensado para las losas alveolares pretensadas o la cuantía para las losas alveolares armadas debe ser al menos el 75% de la máxima prevista para la sección dada.

#### J.2 Aparatos

La máquina de ensayo debe ser al menos de clase 3 según el apartado 4.2 de la Norma EN 12390-4:2000

#### J.3 Disposición del ensayo

Los ensayos deben llevarse a cabo por el fabricante, sea en un laboratorio de ensayo o sea en la fábrica.

El ensayo se debe realizar a una temperatura entre 0 °C y 40 °C. Esta temperatura debe registrarse.

Se deben extraer testigos cilíndricos del elemento para obtener valores de referencia de la resistencia del hormigón (resistencia estructural directa – véase el apartado 4.2.2.2.3 de la Norma EN 13369:2004). Para obtener esos testigos se debe cortar fuera de la pista de fabricación un segmento de losa de 200 mm  $\pm$  5 mm de longitud, directamente adyacente a las muestras. Este segmento debe conservarse en las mismas condiciones que las probetas de ensayo. Poco antes del ensayo se deben extraer tres testigos del segmento (véase también la tabla A.3) y se debe medir su resistencia en el plazo de  $\pm$  3 días desde la fecha del ensayo. La media de los tres valores medidos da la resistencia a compresión actual,  $f_c$ .

Para obtener valores de referencia de la resistencia del hormigón se pueden realizar tres probetas (cúbicas o cilíndricas) durante la fabricación del elemento de ensayo, sometidas al mismo tratamiento de calor (resistencia estructural indirecta – véase el apartado 4.2.2.2.4 de la Norma EN 13369:2004), en vez de extraer testigos. Las probetas se deben conservar bajo las mismas condiciones que el elemento de ensayo. La resistencia a compresión de las probetas se debe medir dentro de los  $\pm$  3 días desde la fecha del ensayo. La media de los tres valores medidos da la resistencia a compresión actual,  $f_c$ .

Para evaluar la conformidad de la resistencia del hormigón en el control de producción en fábrica se debe usar el mismo tipo de probetas (testigos extraídos o probetas cúbicas/cilíndricas).

De modo similar, cuando se mide la resistencia a tracción actual del hormigón,  $f_{ct}$ , mediante el ensayo a la fisuración por tracción (véase el apartado 3.1.2 (8) de la Norma EN 1992-1-1:2004), se debe tomar como la media de los 3 ensayos multiplicada por 0,90.

El elemento de ensayo debe ser una losa con todo su ancho, con una luz de 4 m o 15 x h, el valor que sea mayor, con una tolerancia de  $\pm$  100 mm.

Los ensayos de tipo iniciales se deben realizar sobre tres elementos con el mismo refuerzo de pretensado. La edad de los elementos de ensayo debe ser de al menos 28 días.

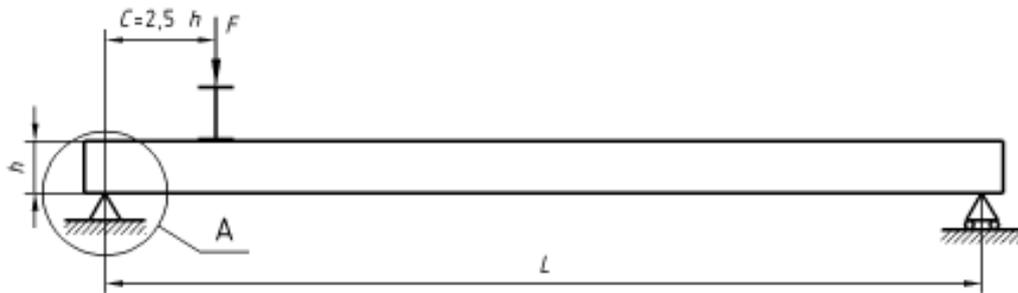


El apoyo más cercano al punto de aplicación de la carga debe ser un rodamiento, de modo que no se generen fuerzas axiales por la rotación del elemento sobre el apoyo. Se debe aplicar un material de distribución de cargas, como por ejemplo 10 mm de neopreno o de masonita o una capa de mortero o de yeso, entre el elemento y la viga de apoyo. Este material tiene que compensar las irregularidades de la superficie del elemento y su posible curvatura en la dirección transversal. La carga se debe aplicar a una distancia de  $2,5 h$  del apoyo de rodillos, siendo  $h$  el canto total de la sección, pero nunca menor de 600 mm, con una tolerancia de  $\pm 25$  mm. Las condiciones de apoyo deben ser tales que la reacción del apoyo sea uniformemente distribuida por todo el ancho del elemento. Las figuras J.1 a) y b) muestran las dos posibles disposiciones de ensayo.

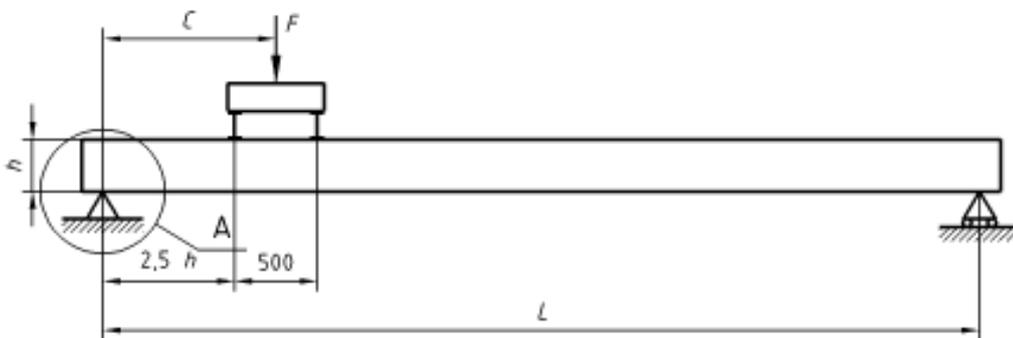
La carga debe ser aplicada mediante una viga rígida transversal de acero. La rigidez de la viga debe ser suficiente para prevenir una distribución no uniforme de la carga a lo largo del ancho de la viga.

El canto de la viga de acero debe ser de al menos 150 mm, y cuando se use un único gato debe ser preferiblemente de 250 mm.

Medidas en milímetros

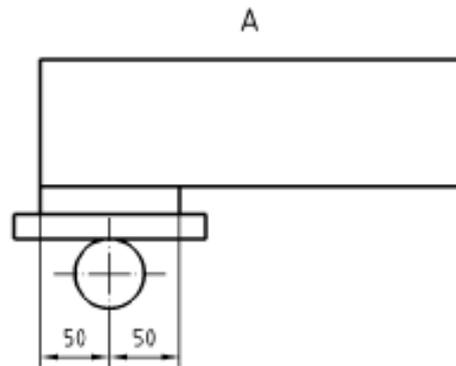


a) Carga en una línea



b) Carga en dos líneas





c) Detalle del apoyo en a) y en b)

Figura J.1 – Disposición del ensayo

#### J.4 Procedimiento de carga

La carga se debe aplicar en dos ciclos de cargas periódicas. La amplitud de la carga del primer ciclo debe ser de al menos el 70% de la carga última de cálculo, con una tolerancia entre el -2% y el +7%. En el último ciclo la carga debe incrementarse hasta el valor actual de la carga última de rotura.

La carga última requerida de cálculo debe evaluarse usando el modelo de cálculo para rotura con los valores de cálculo para las propiedades del material, las dimensiones nominales y considerando el modo de rotura más desfavorable.

La velocidad de aplicación de la carga en el elemento no debe superar los siguientes límites:

- para el primer ciclo:
  - dos pasos de igual amplitud, de un minuto cada uno, con posterior retirada de la carga;
- para el segundo ciclo:
  - un primer paso hasta el 50% de la carga última calculada, en un minuto;
  - un segundo paso hasta el 75% de la carga última calculada, en un minuto;
  - el posterior incremento de la carga se hace con una velocidad que no supere el 10% de la carga última calculada por minuto.

Se debe evaluar la carga última calculada,  $F_{cal}$ , usando el modelo de cálculo para rotura, con los parámetros actuales de resistencia del acero, con los parámetros de resistencia actuales del hormigón obtenidos a partir de su resistencia a compresión medida como se indica en el capítulo J.3, tomando  $\alpha_{ce} = \alpha_{ct} = 1,0$  y  $\gamma_c = \gamma_s = 1,00$ , con las dimensiones actuales y considerando el modo de rotura más desfavorable. La resistencia a tracción del hormigón puede medirse mediante los ensayos, en vez de obtenerse a partir de la resistencia a compresión (véase el capítulo J.3).

Se debe registrar la carga última actual, que corresponde con la rotura del elemento ensayado, junto la indicación del modo de rotura (cortante debido a tracción, cortante debido a flexión, momento de empotramiento y momento de rotura).



## J.5 Interpretación de los resultados

El modo de rotura observado en los ensayos debería coincidir con el modelo supuesto en los cálculos.

Los resultados de los ensayos deben contrastarse con la carga última calculada,  $F_{calc}$ .

**NOTA** El modelo de cálculo para rotura a cortante se representa mediante las ecuaciones (6.2.a) o (6.4) de la Norma EN 1992-1-1:2004, según las modificaciones realizadas en el apartado 4.3.3.2.2.1 de esta norma, donde la resistencia a compresión actual,  $f_c$ , se usa en lugar de  $f_{ck}$ , y la resistencia a tracción actual,  $f_{ct}$ , se usa en lugar de  $f_{ctk}$ . La resistencia a tracción actual,  $f_{ct}$ , puede medirse directamente mediante ensayos u obtenerse a partir de las correlaciones de la tabla 3.1 de la Norma EN 1992-1-1:2004, donde  $f_{ck}$  se reemplaza por  $f_c$  y  $f_{ctk}$  se reemplaza por  $f_{ct}$  mediante los siguientes cálculos:

$$f_{ctm} = 0,30 f_c^{2/3} \quad \text{para clases de hormigón} \leq C50/60$$

o

$$f_{ctm} = 2,12 \ln[1+(f_c + 8) / 10] \quad \text{para clases de hormigón} > C50/60$$

y

$$f_{ct} = 0,8 f_{ctm}$$

La tensión  $\sigma_{cp}$  debida al pretensado debe calcularse, con  $\gamma_p = 1$ , teniendo en cuenta las pérdidas de pretensado en el momento de ensayo y un incremento lineal de la longitud de transmisión  $l_{pt}$ , como se definen en la expresión (8.16) de la Norma EN 1992-1-1:2004. La primera sección no agrietada para ser comprobada por rotura está situada a una distancia  $d/2$  del soporte ( $d$  = canto efectivo). La primera posible sección agrietada por momento flector está situada a una distancia  $d$  del apoyo. El momento flector de agrietamiento se calcula con  $f_{ct}$ . Para estos cálculos se aplican las reglas de la Norma EN 1992-1-1:2004.

La fiabilidad de los modelos de cálculo se confirma si se satisfacen los siguientes requerimientos:

$$F_{test}/F_{calc} \geq 0,95 \quad \text{para cada ensayo}$$

El promedio de  $(F_{test}/F_{calc}) \geq 1,00$  para la media de los tres ensayos

donde

$F_{calc}$  es la carga última calculada correspondiente al modo de rotura para cada elemento de ensayo individual;

$F_{test}$  es la carga última actual para cada elemento de ensayo individual.

El promedio de  $(F_{test}/F_{calc})$  es el valor medio de los tres cocientes entre la carga última actual y la correspondiente carga última esperada.

Si los resultados de ensayo no cumplen con los dos requerimientos anteriores, se debe tomar una de las siguientes acciones:

- mejorar la producción (maquinaria y/o mezcla del hormigón) y ensayar de nuevo tres nuevos elementos;
- ajustar el modelo de cálculo al diseño del producto.

## J.6 Informe del ensayo

El informe del ensayo debe incluir:

- la identificación del elemento de ensayo;
- la fecha de fabricación o algún otro código;



- la fecha y lugar del ensayo;
- el laboratorio y la persona a cargo del ensayo;
- todas las propiedades de los materiales empleados en el elemento de ensayo;
- el método de ensayo;
- los equipos de medida usados;
- la temperatura en el lugar de ensayo;
- el valor de la carga de rotura;
- el modo de rotura, incluyendo descripción escrita y fotos;
- observaciones considerando el ensayo y las incidencias anotadas (grietas, etc.);
- referencia a esta norma;
- declaración de que el ensayo ha sido realizado de acuerdo con esta norma, añadiendo detalles sobre de cualquier modificación realizada. {◀A1}



## Anexo E. El nuevo Reglamento Europeo de Productos de Construcción

El REGLAMENTO 305/2011 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO (*en adelante RPC*) por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción, sustituyó el pasado 1 de julio de 2013 a la Directiva 89/106/CEE (*en adelante DPC*).

Según el Artículo 66.1. "Disposiciones transitorias" Se considerarán conformes al presente Reglamento los productos de construcción introducidos en el mercado de conformidad con la Directiva 89/106/CEE antes del 1 de julio de 2013.

Este artículo deja de manifiesto que todos los productos que dispusiesen de marcado CE antes de la fecha de entrada en vigor del RPC (en el caso de los productos prefabricados de hormigón, la mayoría ya se encuentran dentro del alcance de alguna norma armonizada para la cual ya está establecido el marcado CE), podrán adaptarse aparentemente sin complicaciones a las nuevas exigencias reglamentarias, aunque con una serie de matices que iremos destacando a continuación.

En cualquiera de los casos, el RPC seguirá sirviendo de base como ya lo había sido la DPC para el desarrollo de las normas armonizadas y documentos de evaluación europeos, donde se definen cómo evaluar las prestaciones de los productos de construcción en relación con sus características esenciales.

A priori no se advierten que vaya a ver cambios significativos sobre la operativa actual, salvo que el marcado CE pasa a tener un mayor vínculo con la caracterización de sus propiedades (a través de la declaración de prestaciones) y la posibilidad de reducir el procedimiento burocrático en algún caso. Se abre la vía a la declaración de emisiones de sustancias peligrosas con el marcado CE.

El RPC recoge de alguna forma toda la evolución normativa que ha habido en los últimos 20 años, principalmente con el bagaje adquirido desde la paulatina entrada de productos con marcado CE en esta pasada década.

Serán las normas donde se puedan apreciar realmente los cambios que introducirá el RPC.

+info en: <http://www.andece.org/index.php/reglamentacion-general/reglamento-productos-construccion>





**ANDECE**

ASOCIACIÓN NACIONAL  
DE LA INDUSTRIA DEL  
PREFABRICADO DE HORMIGÓN

*Para más información, pueden dirigirse al Departamento Técnico Estructural de ANDECE:*

**Alejandro López Vidal**  
*Responsable Técnico Estructural*  
*[alopez@andece.org](mailto:alopez@andece.org)*

