ANDECE

ASOCIACIÓN NACIONAL DE LA INDUSTRIA DEL PREFABRICADO DE HORMIGÓN

“LOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN EN LA EHE-08.

BIBLIOTECA DE CONSULTAS”

3ª edición: Febrero 2012

Objeto del documento

Una de las principales novedades que se presentaban con la aprobación de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08, era que se definía por vez primera un tratamiento específico y detallado para las estructuras realizadas con elementos prefabricados de hormigón. Por tanto, hemos creído necesario recoger de forma sintetizada en un documento más explícito, aquellos apartados de la EHE-08 que afectan de forma más significativa a los productos prefabricados de hormigón, ya sea porque son artículos propios o porque aún siendo de carácter general tienen una relevancia especial.

Asimismo, se añaden algunas de las respuestas realizadas a las consultas recibidas por el Departamento Técnico Estructural de ANDECE durante el tiempo transcurrido desde la entrada en vigor de la Instrucción (diciembre de 2008), a fin de dotar al documento de una mayor claridad sobre cómo creemos que deben aplicarse estos apartados.

En esta versión, se omiten algunos capítulos de la Instrucción, ya sea debido a su extensión o nivel de detalle (por ejemplo, los relativos al cálculo) o porque no han ocasionado un flujo de consultas importante.

En cualquier caso, debe quedar claro que este es un documento puramente informativo, que no pretende sustituir de ningún modo la lectura de la EHE-08, la cual obviamente prevalecerá en caso necesario.

NOTAS

- Para preservar la confidencialidad, no se cita en ningún caso la fuente que ha realizado la consulta.
- Este documento se actualizará con una periodicidad adecuada, de forma que se mantenga vivo y recoja siempre las últimas dudas que se reciban.
- Este es un documento exclusivo para los fabricantes asociados de ANDECE y entidades colaboradoras.
- Esta versión sustituye y actualiza a la anterior de enero de 2011.

Capítulo I. Principios generales

Artículo 1. Objeto

La EHE es el marco reglamentario por el que se establecen las exigencias que deben cumplir las estructuras de hormigón para satisfacer los requisitos de seguridad estructural y seguridad en caso de incendio, además de la protección del medio ambiente, proporcionando procedimientos que permiten demostrar su cumplimiento con suficientes garantías técnicas.

Las exigencias deben cumplirse en el proyecto y la construcción de las estructuras de hormigón, así como en su mantenimiento.

Esta Instrucción supone que el proyecto, construcción y control de las estructuras que constituyen su ámbito de aplicación son llevados a cabo por técnicos y operarios con los conocimientos necesarios y la experiencia suficiente. (…)

Artículo 2. Ámbito de aplicación

Esta Instrucción es de aplicación a todas las estructuras y elementos de hormigón estructural, de edificación o de ingeniería civil, con las excepciones siguientes:

- los elementos estructurales mixtos de hormigón y acero estructural y, en general, las estructuras mixtas de hormigón estructural y otro material de distinta naturaleza con función resistente;
- las estructuras en las que la acción del pretensado se introduce mediante armaduras activas fuera del canto del elemento;
- las estructuras realizadas con hormigones especiales no considerados explícitamente en esta Instrucción, tales como los pesados, los refractarios y los compuestos con, serrines u otras sustancias análogas;
- las estructuras que hayan de estar expuestas normalmente a temperaturas superiores a 70ºC;
- las tuberías de hormigón empleadas para la distribución de cualquier tipo de fluido, y
- las presas.

Pregunta: ¿Cómo determino si mi producto o sistema prefabricado es o no estructural, y por tanto queda dentro del alcance de la EHE?

Respuesta: Las múltiples interpretaciones que resultan de qué consideración otorgar a idénticos elementos prefabricados, en cuanto si son o no estructurales, ha provocado que el CEN/TC 229 Comité Europeo de Normalización de "Productos Prefabricados de Hormigón", desarrolle una definición para ambos tipos de elementos y que aparecerá en breve en la nueva versión de la norma UNE-EN 13369 "Reglas comunes. Elementos prefabricados"

Se tratan de textos no definitivos, aunque muy probablemente se aprueben antes del final de 2012.

Define como producto prefabricado estructural aquél que afecte a la resistencia mecánica y/o a la estabilidad de la construcción a la que se incorpore dicho elemento (o si así se definiese en alguna de las normas armonizadas de producto).

El Anexo I del Real Decreto 1630/1992 (transposición de la Directiva de Productos de Construcción a la legislación española), define el requisito esencial de "Resistencia mecánica y Estabilidad" como: La obras deberán proyectarse y construirse de forma que las cargas a que puedan verse sometidas durante su construcción y utilización no produzcan ninguno de los siguientes resultados:

a) Derrumbe de toda o parte de la obra;
b) Deformaciones importantes en grado inadmisible;
c) Deterioro de otras partes de la obra, de los accesorios o del equipo instalado, como consecuencia de una deformación importante de los elementos sustentantes;
d) Daño por accidente de consecuencias desproporcionados respecto a la causa original. (…)

Si el elemento no tiene influencia posible en ninguna de los resultados anteriores, el elemento se consideraría como No estructural.

Pregunta: ¿Los nichos prefabricados de hormigón quedan bajo el alcance de la EHE-08?

Respuesta: No se puede afirmar tajantemente (debe analizarse el sistema en particular), pero de forma general los nichos conforman un armazón estructural, por lo que al no quedar explícitamente excluidos de la EHE, se podría afirmar que quedan dentro de su campo de actuación. No obstante, su tipología apenas se ajusta a alguna de las descritas en el Art. 5.1. que determinan a su vez la vida útil mínima que debe garantizarse con una estrategia de durabilidad

adecuada, por lo que bajo nuestro punto de vista debe ser bien el proyectista o incluso el propio prefabricador quien atribuya qué vida útil razonable tendrá la estructura en base a los requisitos en materia de durabilidad que se hayan seguido (por ejemplo, siguiendo las directrices del Art. 37 de la Instrucción). En cuanto a la determinación de su comportamiento mecánico, los modelos de cálculo de la Instrucción pueden ser difícilmente aplicables en este caso dada la singularidad de este tipo de estructura, por lo que pueden seguirse otros modelos alternativos o también llevar pruebas reales de carga en caso necesario.

Artículo 3. Consideraciones generales

(…) Para justificar que la estructura cumple las exigencias que establece esta Instrucción, el Autor del Proyecto y la Dirección Facultativa podrán:

- adoptar soluciones técnicas que sean conformes con los procedimientos que contempla esta Instrucción, cuya aplicación es suficiente para acreditar el cumplimiento de la exigencias establecidas en la misma, o
- adoptar soluciones alternativas que se aparten parcial o totalmente de los procedimientos contemplados en esta Instrucción. Para ello, el Autor del Proyecto y la Dirección Facultativa pueden, en uso de sus atribuciones, bajo su personal responsabilidad y previa conformidad de la Propiedad, adoptar soluciones alternativas (mediante sistemas de cálculo, disposiciones constructivas, procedimientos de control, etc., diferentes), siempre que se justifique documentalmente que la estructura cumple las exigencias de esta Instrucción porque sus prestaciones son, al menos, equivalentes a las que se obtendrían por la aplicación de los procedimientos de ésta.

Pregunta: ¿En qué se traduce el enfoque prestacional con el que se ha presentado la EHE-08?

Respuesta: Tradicionalmente se ha criticado que las reglamentaciones en materia de construcción no dejaban apenas margen para la innovación. La EHE-08, alinéandose con la tendencia que comenzó a marcar el Código Técnico de la Edificación, se ha presentado como una Instrucción con carácter prestacional, es decir, se establecen qué requisitos básicos deben cumplir las estructuras de hormigón y se cuantifican las exigencias, de forma que sean posibles cualquier solución o procedimiento siempre que con ellos se garanticen los niveles de prestaciones requerido. Con este enfoque, la mayor parte del articulado constituye un procedimiento que la Comisión Permanente del Hormigón ha considerado como adecuado para conseguir dichos niveles, sin que esto impida emplear otros métodos alternativos.

Pregunta: ¿Es cierto que en 2010 los Eurocódigos debían sustituir a las normativas nacionales, como puede ser el caso de la EHE-08?

Respuesta: En este caso particular, no. La razón fundamental es el status reglamentario de la EHE-08 (de aplicación obligatoria, al ser aprobada mediante Real Decreto) frente a los Eurocódigos, que salvo que se definiese así en la legislación nacional (en España no se define así), son normas voluntarias. No obstante, el Art. 3 de la EHE-08 permite el empleo de métodos alternativos de cálculo (por ejemplo, los Eurocódigos) bajo la responsabilidad del proyectista y previa conformidad de la Propiedad.

La web de ANDECE cuenta con un apartado específico en el que se incluye un documento aclaratorio que compara los alcances de ambos marcos normativos:

http://www.andece.org/index.php/calidad-y-normativa/eurocodigos

Pregunta: ¿Existe alguna información que me permita conocer cuál es la situación reglamentaria en otros países del entorno, en lo que respecta a Códigos nacionales de Proyectos de estructuras de Hormigón?

Respuesta: La siguiente website recoge información acerca de la situación normativa de 21 países europeos ; en ella se puede observar de que, al contrario de que en España, hay un alto grado de implementación del Eurocódigo 2:

http://www.eurocodes-online.com/index.php?page=legal-situation-per-country&hl=en_US

Artículo 4. Condiciones generales

4.1. Condiciones administrativas

En el ámbito de aplicación de esta Instrucción, podrán utilizarse productos de construcción que estén fabricados o comercializados legalmente en los Estados miembros de la Unión Europea y en los Estados firmantes del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo, y siempre que dichos productos, cumpliendo la normativa de cualquier Estado miembro de la Unión Europea, aseguren en cuanto a la seguridad y el uso al que están destinados un nivel equivalente al que exige esta Instrucción. Dicho nivel de equivalencia se acreditará conforme a lo establecido (…) en la Directiva 89/106/CEE (…) de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros sobre los productos de construcción.

Pregunta: ¿Qué significado tiene el Art. 4.1. de la Instrucción?

Respuesta: En el caso de los productos prefabricados de hormigón estructurales, supone que éstos deberán disponer de marcado CE, en los casos que así esté establecido. Actualmente, salvo alguna excepción (por ejemplo, dovelas para túneles o nichos para cementerios) se puede asegurar que casi cualquier prefabricado con uso estructural deberá contar con marcado CE para permitir su comercialización dentro del Espacio Económico Europeo.

La web de ANDECE cuenta con una información completa a este respecto, disponiendo de guías e informes aclaratorios, cuyo objetivo es facilitar la aplicación de todos los requisitos relativos al marcado CE:

http://www.andece.org/index.php/calidad-y-normativa/marcadocegeneral

4.2. Condiciones técnicas para la conformidad con esta Instrucción

4.2.1. Condiciones técnicas de los productos, equipos y sistemas

Los materiales y los productos de construcción que se incorporen con carácter permanente a las estructuras (hormigón, cemento, áridos, acero corrugado, armaduras elaboradas, sistemas de pretensado, elementos prefabricados, etc.) deberán presentar las características suficientes para que la estructura cumpla las exigencias de esta Instrucción, para lo que deberá comprobarse su conformidad de acuerdo con los criterios establecidos en el Título 8º (...)

4.2.2. Condiciones técnicas del proyecto

(…) El proyecto definirá las obras proyectadas con el detalle adecuado, de modo que pueda comprobarse explícitamente que las soluciones adoptadas cumplen las exigencias de esta Instrucción y del resto de la reglamentación técnica que le fuera aplicable. Esta definición incluirá, al menos, la siguiente información: (…)

las características técnicas mínimas que deben cumplir los productos, equipos y sistemas que se incorporen de forma permanente a la estructura proyectada, así como sus condiciones de suministro, las garantías de calidad y el control de recepción que deba realizarse. A la vista de las posibles mayores garantías técnicas y de trazabilidad que puedan estar asociadas a los distintivos de calidad, el Autor del proyecto valorará la inclusión en el correspondiente pliego de prescripciones técnicas particulares, de la exigencia de emplear materiales, productos y procesos que dispongan de un nivel de garantía adicional conforme con el Anejo nº 19 de esta Instrucción.

Artículo 5. Requisitos

(…) Las estructuras de hormigón deberán ser idóneas para su uso, durante la totalidad del período de vida útil para la que se construye. Para ello, deberán satisfacer los requisitos siguientes:

- **seguridad y funcionalidad estructural**, consistente en reducir a límites aceptables el riesgo de que la estructura tenga un comportamiento mecánico inadecuado frente a las acciones e influencias previsibles a las que pueda estar sometido durante su construcción y uso previsto, considerando la totalidad de su vida útil,
    - Exigencia de resistencia y estabilidad: los procedimientos incluidos en esta Instrucción mediante la comprobación de los Estados Límite Últimos, junto con el resto de criterios relativos a ejecución y control, permiten satisfacer esta exigencia.
    - Exigencia de aptitud al servicio: los procedimientos incluidos en esta Instrucción mediante la comprobación de los Estados Límite de Servicio, junto con el resto de criterios relativos a ejecución y control, permiten satisfacer esta exigencia.

- **seguridad en caso de incendio**, consistente en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios de la estructura sufran daños derivados de un incendio de origen accidental: en el caso de estructuras de edificación, la resistencia al fuego requerida para cada elemento estructural viene definida por lo establecido en el Documento Básico DB-SI del Código Técnico de la Edificación. En el Anejo nº 6 de esta Instrucción se proporcionan unas recomendaciones para la comprobación de la resistencia al fuego de elementos estructurales de hormigón a fin de evitar un colapso prematuro de la estructura..

- higiene, salud y protección del medio ambiente, en su caso, consistente en reducir a límites aceptables el riesgo de que se provoquen impactos inadecuados sobre el medio ambiente como consecuencia de la ejecución de las obras.

(…) La Propiedad deberá fijar previamente al inicio de proyecto, la vida útil nominal de la estructura, que no podrá ser inferior a lo indicado en las correspondientes reglamentaciones específicas o, en su defecto, a los valores recogidos en la tabla 5.1.

Tabla 5.1. Vida útil nominal de los diferentes tipos de estructura [1]

Tipo de estructura	Vida útil nominal
Estructuras de carácter temporal [2]	Entre 3 y 10 años
Elementos reemplazables que no forman parte de la estructura principal (por ejemplo, barandillas, apoyos de tuberías)	Entre 10 y 25 años
Edificios (o instalaciones) agrícolas o industriales y obras marítimas	Entre 15 y 50 años
Edificios de viviendas u oficinas, puentes u obras de paso de longitud total inferior a 10 metros y estructuras de ingeniería civil (excepto obras marítimas) de repercusión económica baja o media	50 años
Edificios de carácter monumental o de importancia especial	100 años
Puentes de longitud total igual o superior a 10 metros y otras estructuras de ingeniería civil de repercusión económica alta	100 años

[1] Cuando una estructura esté constituida por diferentes partes, podrá adoptarse para tales partes diferentes valores de vida útil, siempre en función del tipo y características de la construcción de las mismas.

[2] En función del propósito de la estructura (exposición temporal, etc.). En ningún caso se considerarán como estructuras de carácter temporal aquellas estructuras de vida útil nominal superior a 10 años.

Capítulo II. Criterios de seguridad y bases de cálculo

Artículo 8. Bases de cálculo

8.1.1. El método de los estados límite

Se definen como Estados Límite aquellas situaciones para las que, de ser superadas, puede considerarse que la estructura no cumple alguna de las funciones para las que ha sido proyectada.

- Estados Límite Últimos;
- Estados Límite de Servicio;
- Estado Límite de Durabilidad.

(…) El procedimiento de comprobación, para un cierto Estado Límite, consiste en deducir, por una parte, el efecto de las acciones aplicadas a la estructura o a parte de ella y, por otra, la respuesta de la estructura para la situación límite en estudio. El Estado Límite quedará garantizado si se verifica, con un índice de fiabilidad suficiente, que la respuesta estructural no es inferior que el efecto de las acciones aplicadas. (…)

8.2. Bases de cálculo adicionales orientadas a la durabilidad

Antes de comenzar el proyecto, se deberá identificar el tipo de ambiente que defina la agresividad a la que va a estar sometido cada elemento estructural. (…)

8.2.1. Definición del tipo de ambiente

El tipo de ambiente al que está sometido un elemento estructural viene definido por el conjunto de condiciones físicas y químicas a las que está expuesto, y que puede llegar a provocar su degradación como consecuencia de efectos diferentes a los de las cargas y solicitaciones consideradas en el análisis estructural. El tipo de ambiente viene definido por la combinación de:

- una de las clases generales de exposición, frente a la corrosión de las armaduras, de acuerdo con 8.2.2.

Tabla 8.2.2 Clases generales de exposición relativas a la corrosión de las armaduras

CLASE GENERAL DE EXPOSICIÓN				DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
Clase	Subclase	Designación	Tipo de proceso		
no agresiva		I	Ninguno	- interiores de edificios, no sometidos a condensaciones - elementos de hormigón en masa	- elementos estructurales de edificios, incluidos los forjados, que estén protegidos de la intemperie
Normal	Humedad alta	IIa	corrosión de origen diferente de los cloruros	- interiores sometidos a humedades relativas medias altas (> 65%) o a condensaciones - exteriores en ausencia de cloruros, y expuestos a lluvia en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm - elementos enterrados o sumergidos	- elementos estructurales en sótanos no ventilados - cimentaciones - estribos, pilas y tableros de puentes en zonas, sin impermeabilizar con precipitación media anual superior a 600 mm - Tableros de puentes impermeabilizados, en zonas con sales de deshielo y precipitación media anual superior a 600 mm - elementos de hormigón, que se encuentren a la intemperie o en las cubiertas de edificios en zonas con precipitación media anual superior a 600mm - Forjados en cámara sanitaria, o en interiores en cocinas y baños, o en cubierta no protegida
	Humedad media	IIb	corrosión de origen diferente de los cloruros	- exteriores en ausencia de cloruros, sometidos a la acción del agua de lluvia, en zonas con precipitación media anual inferior a 600 mm	- elementos estructurales en construcciones exteriores protegidas de la lluvia - tableros y pilas de puentes, en zonas de precipitación media anual inferior a 600 mm
Marina	Aérea	IIIa	corrosión por cloruros	- elementos de estructuras marinas, por encima del nivel de pleamar - elemento exteriores de estructuras situadas en las proximidades de la línea costera (a menos de 5 km)	- elementos estructurales de edificaciones en las proximidades de la costa - puentes en las proximidades de la costa - zonas aéreas de diques, pantalanes y otras obras de defensa litoral - instalaciones portuarias
	Sumergida	IIIb	corrosión por cloruros	- elementos de estructuras marinas sumergidas permanentemente, por debajo del nivel mínimo de bajamar	- zonas sumergidas de diques, pantalanes y otras obras de defensa litoral - cimentaciones y zonas sumergidas de pilas de puentes en el mar
	en zona de carrera de mareas y en zonas de salpicaduras	IIIc	corrosión por cloruros	- elementos de estructuras marinas situadas en la zona de salpicaduras o en zona de carrera de mareas	- zonas situadas en el recorrido de marea de diques, pantalanes y otras obras de defensa litoral - zonas de pilas de puentes sobre el mar, situadas en el recorrido de marea
con cloruros de origen diferente del medio marino		IV	corrosión por cloruros	- instalaciones no impermeabilizadas en contacto con agua que presente un contenido elevado de cloruros, no relacionados con el ambiente marino - superficies expuestas a sales de deshielo no impermeabilizadas.	- piscinas e interiores de los edificios que las albergan. - pilas de pasos superiores o pasarelas en zonas de nieve - estaciones de tratamiento de agua.

- las clases específicas de exposición relativas a los otros procesos de degradación que procedan para cada caso, de entre las definidas en 8.2.3.

Tabla 8.2.3.a Clases específicas de exposición relativas a otros procesos de deterioro distintos de la corrosión

CLASE ESPECÍFICA DE EXPOSICIÓN				DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
Clase	Subclase	Designación	Tipo de proceso		
Química Agresiva	Débil	Qa	ataque químico	- elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad lenta (ver tabla 8.2.3.b)	- instalaciones industriales, con sustancias débilmente agresivas según tabla 8.2.3.b - construcciones en proximidades de áreas industriales, con agresividad débil según tabla 8.2.3.b
	media	Qb	ataque químico	- elementos en contacto con agua de mar - elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad media (ver tabla 8.2.3.b)	- dolos, bloques y otros elementos para diques - estructuras marinas, en general - instalaciones industriales con sustancias de agresividad media según tabla 8.2.3.b - construcciones en proximidades de áreas industriales, con agresividad media según tabla 8.2.3b - instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales con sustancias de agresividad media según tabla 8.2.3.b
	Fuerte	Qc	ataque químico	- elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad rápida (ver tabla 8.2.3.b)	- instalaciones industriales, con sustancias de agresividad alta de acuerdo con tabla 8.2.3.b - instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales, con sustancias de agresividad alta de acuerdo con tabla 8.2.3.b. - construcciones en proximidades de áreas industriales, con agresividad fuerte según tabla 8.2.3b
con heladas	sin sales fundentes	H	ataque hielo-deshielo	- elementos situados en contacto frecuente con agua, o zonas con humedad relativa media ambiental en invierno superior al 75%, y que tengan una probabilidad anual superior al 50% de alcanzar al menos una vez temperaturas por debajo de -5ºC	- construcciones en zonas de alta montaña. - estaciones invernales
	con sales fundentes	F	ataque por sales fundentes	- elementos destinados al tráfico de vehículos o peatones en zonas con más de 5 nevadas anuales o con valor medio de la temperatura mínima en los meses de invierno inferior a 0ºC	- tableros de puentes o pasarelas en zonas de alta montaña, en las que se utilizan sales fundentes.
Erosión		E	abrasión cavitación	- elementos sometidos a desgaste superficial - elementos de estructuras hidráulicas en los que la cota piezométrica pueda descender por debajo de la presión de vapor del agua	- pilas de puente en cauces muy torrenciales - elementos de diques, pantalanes y otras obras de defensa litoral que se encuentren sometidos a fuertes oleajes - pavimentos de hormigón - tuberías de alta presión

Tabla 8.2.3.b Clasificación de la agresividad química

TIPO DE MEDIO AGRESIVO	PARÁMETROS	TIPO DE EXPOSICIÓN		
		Qa	Qb	Qc
		ATAQUE DÉBIL	ATAQUE MEDIO	ATAQUE FUERTE
AGUA	VALOR DEL pH, según UNE 83.952	6,5 - 5,5	5,5 - 4,5	< 4,5
	CO_2 AGRESIVO (mg CO_2/ l), según UNE-EN 13.577	15 - 40	40 - 100	> 100
	IÓN AMONIO (mg NH_4^+ / l), según UNE 83.954	15 - 30	30 - 60	> 60
	IÓN MAGNESIO (mg Mg^{2+} / l), según UNE 83.955	300 - 1000	1000 - 3000	> 3000
	IÓN SULFATO (mg SO_4^{2-} / l), según UNE 83.956	200 - 600	600 - 3000	> 3000
	RESIDUO SECO (mg / l), según UNE 83.957	75 - 150	50 - 75	< 50
SUELO	GRADO DE ACIDEZ BAUMANN-GULLY (ml/kg), según UNE 83.962	> 200	(*)	(*)
	IÓN SULFATO (mg SO_4^{2-} / kg de suelo seco), según UNE 83.963	2000 - 3000	3000 - 12000	> 12000

(*) Estas condiciones no se dan en la práctica

Pregunta: En el caso de que un elemento (por ejemplo un depósito) esté expuesto simultáneamente a 2 tipos de ambientes diferentes (p.ej., una parte con el agua en contacto, ambiente IV, y otra parte no expuesta IIa ó IIb), ¿podemos hacer una distinción de ambas partes del elemento, en cuanto a requisitos de durabilidad (recubrimientos, relación A/C, etc.) o debemos tomar el más desfavorable?
Respuesta: Tratándose de un mismo elemento, aunque esté a dos aguas al menos una parte está expuesta al ambiente más desfavorable. En el caso de un elemento de cerramiento, ¿cabe considerar dos ambientes porque el interior es ambiente I y el exterior es ambiente IIa?, No, sería IIa. Debe ser así porque a efectos de corrosión debemos considerar el efecto pila de la armadura y a efectos de cualquier otro ataque debemos considerar que el aumento de porosidad en el hormigón provocado por el ataque acaba favoreciendo la corrosión. Si se trata además de cloruros es más importante el efecto pila por la magnitud de la acción catalítica de éstos. *Por otro lado, los mayores ataques se producen en la zona entre aguas, es decir, la zona de mareas o de humectación-desecación. La velocidad de difusión es menor en la zona seca por la menor concentración del agresivo en la niebla de condensación que impregna el hormigón, mientras que en la zona sumergida la velocidad de difusión del agresivo es menor porque los poros ya se encuentran saturados de agua. En tal caso, los fenómenos de difusión se estudian a partir de la estimación de la velocidad de disolución del agresivo en agua (que depende de su constante de solubilidad) y el valor crítico de saturación del mismo en ésta.* *Dentro de un mismo elemento solo existe una única posibilidad de fijar el o los ambientes de durabilidad. En el caso expuesto, ambiente IV, además, nunca se va a llenar el depósito a tope? Y en tal caso, ¿dónde está el límite de llenado y de qué manera se consideraría el agua de condensación en el interior y la concentración del agresivo en ésta?* *A efectos prácticos, ¿qué sentido tendría además la idea que se obtendría por extensión de dosificar dos hormigones con diferentes contenidos de cemento, diferentes relaciones agua/cemento e incluso en algún caso diferentes cementos dentro de un mismo elemento? Es lo mismo que usar dos espesores de recubrimiento mínimos diferentes en una misma pieza cambiando el ambiente según propone la consulta. Carecería de sentido.*

NOTA: Página web del Ministerio de Fomento, en la que se recogen las clases de exposición ambiental, tanto general como específica, en base a criterios exclusivamente climatológicos y geográficos, a las que pueden estar sometidas las estructuras en los municipios de las provincias del territorio español.

http://www.fomento.es/az.ceamf.web/

Capítulo III. Acciones

Artículo 9. Clasificación de las acciones

(…) Las acciones se pueden clasificar según su naturaleza en acciones directas (cargas) e indirectas (deformaciones impuestas).

Las acciones se pueden clasificar por su variación en el tiempo en Acciones Permanentes (G), Acciones Permanentes de Valor no Constante (G*), Acciones Variables (Q) y Acciones Accidentales (A).

Artículo 11. Valores representativos de las acciones

El valor representativo de una acción es el valor de la misma utilizado para la comprobación de los Estados Límite. Una misma acción puede tener uno o varios valores representativos.

El valor representativo de una acción se obtiene afectando su valor característico, Fk, por un factor Ψi.

$$\Psi i \cdot Fk$$

Pregunta: ¿Dónde puedo obtener los valores representativos de las acciones?

Respuesta: Para el caso de proyectos de estructuras de edificios, pueden tomarse los valores que figuran en el Documento Básico SE-AE "Acciones en la Edificación", del Código Técnico de la Edificación, relativos a las acciones permanentes (peso propio – hormigones armados o pretensados, en general, a partir de su densidad: 2.500 Kg/m3; pretensado – redirige a la EHE, Art. 20; acciones del terreno), acciones variables (sobrecargas de uso, viento, nieve, acciones térmicas); y acciones accidentales (sismo, incendio, impacto).

En el caso de puentes de carretera: Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera – IAP-11

En el caso de puentes de ferrocarril: Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de ferrocarril – IAPF2007

Artículo 12. Valores de cálculo de las acciones

Se define como valor de cálculo de una acción (Fd) el obtenido como producto de un coeficiente parcial de seguridad (γf) por el valor representativo al que se refiere el Artículo 11.

$$Fd = \gamma f \cdot \Psi i \cdot Fk$$

Tabla 12.1.a. Coeficientes parciales de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación de los Estados Límite Últimos

Tabla 12.2. Coeficientes parciales de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación de los Estados Límite de Servicio

Artículo 13. Combinación de acciones

13.1. Principios generales

Para cada una de las situaciones estudiadas se establecerán las posibles combinaciones de acciones.

13.2. Estados Límite Últimos

13.3. Estados Límite de Servicio

Capítulo IV. Materiales y geometría

Artículo 15. Materiales

15.1. Valores característicos

Los valores característicos de la resistencia de los materiales (resistencia a compresión del hormigón y resistencia a compresión y tracción de los aceros) son los cuantiles correspondientes a una probabilidad del 5%. (…)

15.2. Valores de cálculo

Los valores de cálculo de las propiedades de los materiales se obtienen a partir de los valores característicos divididos por un coeficiente parcial de seguridad. (…)

15.3. Coeficientes parciales de seguridad de los materiales

Pregunta: ¿Cuáles son los coeficientes parciales de seguridad de los materiales relativos a los productos prefabricados de hormigón?

Respuesta: Según el Artículo 91.1., la EHE-08 presenta tres niveles de garantía para los productos prefabricados de hormigón estructurales, que implican tres "parejas" distintas de coeficientes de seguridad, según se indica a continuación:

1) *En el caso general de elementos prefabricados elaborados con hormigón conforme a la UNE-EN 206-1:2008, (norma de referencia para los productos con 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.*

2) *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 para el hormigón y 1,15 para el acero.*

- *Control obligatorio para productos sin marcado CE.*
- *Control voluntario para productos con marcado CE, y que deberá avalarse con un certificado de control de producción en fábrica, elaborado por un organismo de control o una entidad de certificación (podría ser el propio Organismo Notificado que interviene en el marcado CE), acreditado según RD 2200/1995.*

3) *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 Oficialmente Reconocido (D.O.R.) con un nivel de garantía conforme al apartado 5.3. del Anejo 19 de la Instrucción, siempre y cuando se cumplan otra serie de condiciones:*

Caso del acero, cumplir al menos 1 de las 2 condiciones siguientes:

- *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*
- *Acero para las armaduras pasivas esté en posesión de un D.O.R.*

*Caso del hormigón, debe también cumplirse que 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, parece razonable que el prefabricador elija realizar el control de conformidad del hormigón de forma que los coeficientes de minoración de los materiales sean lo menor posibles.

** Según los comentarios relativos al Art. 15.3. "Coeficientes parciales de seguridad de los materiales", para la aplicación de los coeficientes menores (1,35 y 1,10), el fabricante de elementos prefabricados en posesión del Distintivo de Calidad deberá proporcionar unas instrucciones de puesta en obra de dichos elementos que permitan controlar su montaje con un nivel intenso, según se establece en el Art. 92.*

*** Para productos con marcado CE (y con D.O.R.), estas tolerancias ya quedan automáticamente cubiertas, pues están definidas en las propias normas de producto.*

Con carácter general, en situaciones accidentales se emplearán como coeficientes, 1,3 para el hormigón, y 1,0 para el acero.

Capítulo V. Análisis estructural

Artículo 17. Generalidades

El análisis estructural consiste en la determinación de los efectos originados por las acciones sobre la totalidad o parte de la estructura, con objeto de efectuar comprobaciones en los Estados Límite Últimos y de Servicio.

Artículo 20. Análisis estructural del pretensado

20.1. Consideraciones generales

20.1.1. Definición de pretensado

Se entiende por pretensado la aplicación controlada de una tensión al hormigón mediante el tesado de tendones de acero. (…)

20.1.2. Tipos de pretensado

(…) De acuerdo con el momento del tesado respecto del hormigonado del elemento, el pretensado puede ser:

- Con armaduras pretesas. El hormigonado se efectúa después de haber tesado y anclado provisionalmente las armaduras en elementos fijos. Cuando el hormigón ha adquirido suficiente resistencia, se liberan las armaduras de sus anclajes provisionales y, por adherencia, se transfiere al hormigón la fuerza previamente introducida en las armaduras.

- Con armaduras postesas. El hormigonado se realiza antes del tesado de las armaduras activas que normalmente se alojan en conductos o vainas. Cuando el hormigón ha adquirido suficiente resistencia se procede al tesado y anclaje de las armaduras.

20.2. Fuerza de pretensado

Pregunta: ¿Cuál es la limitación de la fuerza de tesado que puedo aplicar sobre las armaduras?

Respuesta: La fuerza de tesado P_0 aplicada ha de proporcionar una tensión σ_{p0} no mayor, en cualquier punto, que el menor de los siguientes valores:

	Condiciones normales		*Caso de que tanto el acero para armaduras activas como el aplicador del pretensado (el prefabricador) dispongan de un D.O.R.)*	
$\sigma_{p0} \leq$	$f_{p\,max,\,k}$	f_{pk}	$f_{p\,max,\,k}$	f_{pk}
Permanente	*70%*	*85%*	*75%*	*90%*
Temporal	*80%*	*90%*	*85%*	*95%*

$f_{p\,max,\,k}$ Carga unitaria máxima característica
f_{pk} Límite elástico característico
σ_{p0} Tensión resultante de aplicar una fuerza P_0 sobre las armadu□as

Se puede advertir, que otra de las ventajas que proporciona estar en posesión de un D.O.R. es que se permite aumentar el límite de la fuerza de tesado en un 5%, sobre las condiciones normales de aplicación.

Capítulo VI. Materiales

Artículo 26. Cementos

(…) podrán utilizarse aquellos cementos que cumplan las siguientes condiciones:

- ser conformes con la reglamentación específica vigente (Instrucción para la recepción de cementos, RC-08),
- cumplan las limitaciones de uso establecidas en la Tabla 26, y

Tabla 26 Tipos de cemento utilizables

Tipo de hormigón	Tipo de cemento
Hormigón en masa	Cementos comunes excepto los tipos CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T y CEM III/C Cementos para usos especiales ESP VI-1
Hormigón armado	Cementos comunes excepto los tipos CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T, CEM III/C y CEM V/B
Hormigón pretensado	Cementos comunes de los tipos CEM I y CEM II/A-D, CEM II/A-V, CEM II/A-P y CEM II/A-M(V,P)

- pertenezcan a la clase resistente 32,5 o superior.

Pregunta: ¿Cuáles son los cementos más adecuados para la fabricación de elementos estructurales de hormigón prefabricado?

Respuesta: La EHE-08 presenta en el Anejo 4 una serie de recomendaciones (cuyo cumplimiento, por tanto, no es obligatorio) de uso de cementos para facilitar la labor de prescripción a los proyectistas y que dependerán de los siguientes aspectos:

Aplicación del hormigón (ver Tabla A.4.2.)

Aplicación	*Cementos recomendados*
Prefabricados de hormigón pretensado	*Cementos comunes (**) de los tipos CEM I, CEM II/A-D, CEM II/A-V, CEM II/A-P y CEM II/A-M (V-P) (***)*
Prefabricados de hormigón armado	*Resultan muy adecuados los cementos comunes (**) de los tipos CEM I, CEM II/A .y adecuado el cemento común tipo CEM IV/A cuando así se deduzca de un estudio experimental específico.*
(**) Dentro de los indicados son preferibles los de alta resistencia inicial *(***) La inclusión de los cementos CEM II/A-V, CEM II/A-P y CEM II/A-M (V-P) como utilizables para la aplicación de hormigón pretensado, es coherente con la posibilidad, contemplada en el articulado de esta Instrucción, de utilización de adición al hormigón pretensado de cenizas volantes en una cantidad no mayor del 20 % del peso de cemento*	

Las circunstancias de hormigonado (ver Tabla A.4.4.)
En función de la clase de exposición (ver Tabla A.4.5.)

Pregunta: ¿Los cementos disponen de marcado CE?

Respuesta: Por lo general sí, siendo todos aquellos cementos comunes que están dentro del alcance de la norma UNE-EN 197-1:2000/A3:2008

Artículo 27. Agua

El agua utilizada no debe contener ningún ingrediente perjudicial en cantidades tales que afecten a las propiedades del hormigón o a la protección de las armaduras frente a la corrosión. En general, podrán emplearse todas las aguas sancionadas como aceptables por la práctica. Cuando no se posean antecedentes de su utilización, o en caso de duda, deberán analizarse las aguas, y salvo justificación especial de que no alteran perjudicialmente las propiedades exigibles al hormigón, deberán cumplir una serie de limitaciones (pH, iones cloruro, etc.).

(…) Se permite el empleo de aguas recicladas procedentes del lavado de cubas en la propia central de hormigonado, siempre y cuando cumplan las especificaciones anteriormente definidas en este artículo. Además se deberá cumplir que el valor de densidad del agua reciclada no supere el valor 1,3 g/cm^3 y que la densidad del agua total no supere el calor de 1,1 g/cm^3. (…)

Pregunta: ¿El agua para la fabricación del hormigón debe disponer de marcado CE?
Respuesta: No. Se trata, además, de la única materia prima con que se fabrica el hormigón, que está exenta de forma general de disponer de marcado CE.

Artículo 28. Áridos

(…) Como áridos para la fabricación de hormigones pueden emplearse áridos gruesos (gravas) y áridos finos (arenas), según UNE-EN 12620, rodados o procedentes de rocas machacadas, así como escorias siderúrgicas enfriadas por aire según UNE-EN 12620 y, en general, cualquier otro tipo de árido cuya evidencia de buen comportamiento haya sido sancionado por la práctica y se justifique debidamente.

En el caso de áridos reciclados, se seguirá lo establecido en el Anejo 15. En el caso de áridos ligeros, se deberá cumplir lo indicado en el Anejo 16, y en particular, lo establecido en UNE-EN 13055-1.

En el caso de utilizar áridos siderúrgicos (como, por ejemplo, escorias siderúrgicas granuladas de alto horno), se comprobará previamente que son estables, es decir, que no contienen silicatos inestables ni compuestos ferrosos inestables. (…)

Pregunta: ¿Los áridos empleados para la fabricación de hormigón quedan bajo el alcance del marcado CE?
Respuesta: Depende del caso: - *Si son áridos comprados a un proveedor externo, deberán contar con marcado CE, según la norma UNE-EN 12620:2003+A1:2009, y además según define el Art. 85.2. llevado a cabo por el sistema 2+ de evaluación de la conformidad. O también, si son áridos ligeros objeto de la norma UNE-EN 13055-1:2003/AC:2004.* - *Si son áridos de autoconsumo (fabricados por el propio fabricante), será suficiente con que el fabricante disponga de un certificado de ensayo con antigüedad inferior a 3 meses realizado por un laboratorio de control, y que demuestre la conformidad del árido respecto a la EHE-08, y con un nivel de garantía estadísticamente equivalente al exigido a los áridos con marcado CE.*

Artículo 29. Aditivos

(…) se entiende por aditivos aquellas sustancias o productos que, incorporados al hormigón antes del amasado (o durante el mismo o en el transcurso de un amasado suplementario) en una proporción no superior al 5% del peso del cemento, producen la modificación deseada, en estado fresco o endurecido, de alguna de sus características, de sus propiedades habituales o de su comportamiento. (…)

Tabla 29.2 Tipos de aditivos

TIPO DE ADITIVO	FUNCIÓN PRINCIPAL
Reductores de agua / Plastificantes	Disminuir el contenido de agua de un hormigón para una misma trabajabilidad o aumentar la trabajabilidad sin modificar el contenido de agua.
Reductores de agua de alta actividad / Superplastificantes	Disminuir significativamente el contenido de agua de un hormigón sin modificar la trabajabilidad o aumentar significativamente la trabajabilidad sin modificar el contenido de agua.
Modificadores de fraguado / Aceleradores, retardadores	Modificar el tiempo de fraguado de un hormigón.
Inclusores de aire	Producir en el hormigón un volumen controlado de finas burbujas de aire, uniformemente repartidas, para mejorar su comportamiento frente a las heladas.
Multifuncionales	Modificar más de una de las funciones principales definidas con anterioridad.

Los aditivos de cualquiera de los cinco tipos descritos anteriormente deberán cumplir la UNE-EN 934-2. (…)

Pregunta: Los aditivos para la fabricación de hormigones, ¿están sujetos a tener el marcado CE?

Respuesta: Igual que sucede con los áridos, se distinguen dos casos:

- *Marcado CE obligatorio: aquellos aditivos que están dentro del alcance de la UNE-EN 934-2:2010, o también aquellos aditivos que sirven de lechada de inyección para rellenar las vainas de pretensado (UNE-EN 934-4:2009).*
- *Sin marcado CE: aquellos que no estén dentro de ninguna norma armonizada. En este caso, el suministrador de elementos prefabricados deberá contar con un certificado de ensayo con antigüedad inferior a 6 meses realizado por un laboratorio de control, y que demuestre la conformidad del árido respecto a la EHE-08, y con un nivel de garantía estadísticamente equivalente al exigido a los aditivos con marcado CE.*

Pregunta: Los aditivos para la formación de lechadas de inyección de las vainas o conductos de las armaduras activas de elementos postesados, ¿existe alguna exigencia reglamentaria a parte de la que establece la EHE en el Art. 35.4.?

Respuesta: Como receptores de este aditivo, debéis exigir el marcado CE de los mismos pues están dentro del alcance de la norma armonizada UNE-EN 934-4:2009 "Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Parte 4: Aditivos para pastas para tendones de pretensado. Definiciones, especificaciones, conformidad, marcado y etiquetado".

Según el Art. 85.3. de la EHE-08, "La conformidad de los aditivos que dispongan de marcado CE, se comprobará mediante la verificación documental de que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE permiten deducir el cumplimiento de las especificaciones contempladas en el proyecto y en el Art. 29 de esta Instrucción". Puesto que los aditivos que sirven como lechada de inyección no vienen incluidos en el Art. 29 (no se incorporan al hormigón para producir la modificación deseada, y no están dentro de ninguna de las categorías de la tabla 29.2.) y sí dentro del Art. 35.4.2.1. "Productos de inyección adherentes. Materiales componentes", la información que acompaña al marcado CE debe serviros para comprobar que se cumplen las especificaciones de dicho artículo, es decir:

Aditivos: No pueden contener sustancias peligrosas para el acero de pretensado, especialmente tiocianatos, nitratos, formiatos y sulfuros y deben además cumplir los siguientes requisitos:

- *contenido < 0,1%*
- *Cl- < 1 g/l de aditivo líquido*
- *El pH debe estar entre los límites definidos por el fabricante*
- *El extracto seco debe estar en un ± 5% del definido por el fabricante*

Artículo 30. Adiciones

(…) se entiende por adiciones aquellos materiales inorgánicos, puzolánicos o con hidraulicidad latente que, finamente divididos, pueden ser añadidos al hormigón con el fin de mejorar alguna de sus propiedades o conferirle características especiales. La presente Instrucción recoge únicamente la utilización de las cenizas volantes y el humo de sílice como adiciones al hormigón en el momento de su fabricación.

(…) Las adiciones pueden utilizarse como componentes del hormigón siempre que se justifique su idoneidad para su uso, produciendo el efecto deseado sin modificar negativamente las características del hormigón, ni representar peligro para la durabilidad del hormigón, ni para la corrosión de las armaduras.

Para utilizar cenizas volantes o humo de sílice como adición al hormigón, deberá emplearse un cemento tipo CEM I. Además, en el caso de la adición de cenizas volantes, el hormigón deberá presentar un nivel de garantía conforme a lo indicado en el artículo 81, por ejemplo, mediante la posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido.

En hormigón pretensado podrá emplearse adición de cenizas volantes cuya cantidad no podrá exceder del 20% del peso de cemento, o humo de sílice cuyo porcentaje no podrá exceder del 10% del peso del cemento.

En aplicaciones concretas de hormigón de alta resistencia, fabricado con cemento tipo CEM I, se permite la adición simultánea de cenizas volantes y humo de sílice, siempre que el porcentaje de humo de sílice no sea superior al 10% y que el porcentaje total de adiciones (cenizas volantes y humo de sílice) no sea superior al 20%, en ambos casos respecto al peso de cemento. (…)

En elementos no pretensados en estructuras de edificación, la cantidad máxima de cenizas volantes adicionadas no excederá del 35% del peso de cemento, mientras que la cantidad máxima de humo de sílice adicionado no excederá del 10% del peso de cemento. (…)

Pregunta: ¿El marcado CE también es un requisito obligatorio para las adiciones utilizadas para la producción de hormigones?

Respuesta: Las cenizas volantes deberán disponer de marcado CE, conforme a la norma UNE-EN 450-1:2006+A1:2008, y las adiciones de humo de sílice conforme a la norma UNE-EN 13263-1:2006+A1:2009.

Artículo 31. Hormigones

31.1. Composición

(…) Los componentes del hormigón deberán cumplir las prescripciones incluidas en los Artículos 26º, 27º, 28º, 29º y 30º. Además, el ión cloruro total aportado por los componentes no excederá de los siguientes límites:

- Obras de hormigón pretensado 0,2% del peso del cemento;
- Obras de hormigón armado u obras de hormigón en masa que contenga armaduras para reducir la fisuración 0,4% del peso del cemento. (…)

Pregunta: ¿Cómo podemos determinar el contenido máximo de cloruros que contiene nuestro hormigón?

Respuesta: Para el cálculo de los iones cloruro, no existe un método normalizado como tal; su determinación es sencilla, y será la suma de los cloruros que tenga cada uno de los componentes (aditivos, cementos, áridos, etc.) que conformen el hormigón; para ello, los proveedores deberán indicar en su ficha técnica y/o dentro del marcado CE dicha información, para que podáis calcularlo y comprobar que no exceden los límites máximos permitidos.

31.2. Condiciones de calidad

Las condiciones o características de calidad exigidas al hormigón se especificarán indicando las referentes a su resistencia a compresión, su consistencia, tamaño máximo del árido, el tipo de ambiente a que va a estar expuesto, y, cuando sea preciso, las referentes a prescripciones relativas a aditivos y adiciones, resistencia a tracción del hormigón, absorción, peso específico, compacidad, desgaste, permeabilidad, aspecto externo, etc.

Tales condiciones deberán ser satisfechas por todas las unidades de producto componentes del total, entendiéndose por unidad de producto la cantidad de hormigón fabricada de una sola vez. Normalmente se asociará el concepto de unidad de producto a la amasada, si bien, en algún caso y a efectos de control, se podrá tomar en su lugar la cantidad de hormigón fabricado en un intervalo de tiempo determinado y en las mismas condiciones esenciales.

(…) A los efectos de esta Instrucción, cualquier característica de calidad medible de una amasada, vendrá expresada por el valor medio de un número de determinaciones (igual o superior a dos) de la característica de calidad en cuestión, realizadas sobre partes o porciones de la amasada.

31.3. Características mecánicas

(…) Se denominan hormigones de alta resistencia a los hormigones con resistencia característica de proyecto, f_{ck} , superior a 50 MPa.

Pregunta: ¿Es cierto que la EHE prohíbe el uso de hormigones de más de 100 MPa?

Respuesta: No. Una de las novedades que presenta la EHE-08 es que se ha ampliado el alcance de la misma hasta los 100 MPa, en lo que respecta principalmente a las expresiones de cálculo, pero eso no es impedimento para que se pueda ejecutar estructuras con hormigones de resistencias superiores; lo que sucede es que la EHE no proporciona expresiones en este rango de valores.

31.4. Valor mínimo de la resistencia

En hormigones estructurales, la resistencia de proyecto, f_{ck} , no será inferior a:

- 20 MPa : en hormigones en masa;
- 25 MPa : en hormigones armados o pretensados.

Artículo 32. Aceros para armaduras pasivas

32.1. Generalidades

A los efectos de esta Instrucción, los productos de acero que pueden emplearse para la elaboración de armaduras pasivas pueden ser:

- Barras rectas o rollos de acero corrugado soldable
- Alambres de acero corrugado o grafilado soldable.
- Alambres lisos de acero soldable.

Los alambres lisos sólo pueden emplearse como elementos de conexión de armaduras básicas electrosoldadas en celosía. (…)

Pregunta: ¿Cuándo se prevé que los aceros para armaduras pasivas dispongan de marcado CE?
Respuesta: Si bien existe una norma europea, la UNE-EN 10080:2006, están aún exentos de tener el marcado CE, aunque se prevé que a medio plazo queden obligados a ello. Esto redundará positivamente en los usuarios de estos aceros (por ejemplo, los prefabricadores), pues según dispone el Art. 87 de la EHE-08, en tanto no esté disponible el marcado CE, se deberán hacer una serie de ensayos en la recepción de los mismos (comprobación de características geométricas, ensayo de doblado-desdoblado, etc.), salvo que se empleen aceros certificados con un D.O.R. conforme a la EHE.

32.2. Barras y aceros de acero corrugado soldable

A los efectos de esta Instrucción, sólo podrán emplearse barras o rollos de acero corrugado soldable que sean conformes con UNE EN 10080. Los posibles diámetros nominales de las barras corrugadas serán los definidos en la serie siguiente, de acuerdo con la tabla 6 de la UNE EN 10080:

6 – 8 – 10 - 12 - 14 - 16 - 20 – 25 - 32 y 40 mm.

Salvo en el caso de mallas electrosoldadas o armaduras básicas electrosoldadas en celosía, se procurará evitar el empleo del diámetro de 6mm cuando se aplique cualquier proceso de soldadura, resistente o no resistente, en la elaboración o montaje de la armadura pasiva.

A los efectos de esta Instrucción, en la tabla 32.2.a se definen los tipos de acero corrugado:

- Aceros soldables: B400S y B500S.
- Aceros soldables con características especiales de ductilidad: B400SD y B500SD.

(…)

32.3 Alambres corrugados y alambres lisos

Se entiende por alambres corrugados o grafilados aquéllos que cumplen los requisitos establecidos para la fabricación de mallas electrosoldadas o armaduras básicas electrosoldadas en celosía, de acuerdo con lo establecido en UNE EN 10080.

Se entiende por alambres lisos aquéllos que cumplen los requisitos establecidos para la fabricación de elementos de conexión en armaduras básicas electrosoldadas en celosía, de acuerdo con lo establecido en UNE EN 10080.

Los diámetros nominales de los alambres serán los definidos en la tabla 6 de la UNE EN 10080 y, por lo tanto, se ajustarán a la serie siguiente:

(4 – 4,5 –)* 5 - 5,5 – 6 – 6,5 - 7 - 7,5 – 8 - 8,5 - 9 – 9,5 – 10 – 11 – 12 - 14 y 16 mm.

* Los diámetros 4 y 4,5 mm sólo pueden utilizarse en los casos indicados en 59.2.2. (armadura de reparto de la losa superior de hormigón in situ, en el caso de forjados unidireccionales con losas alveolares, o sistemas de vigueta y bovedilla), así como en el caso de armaduras básicas electrosoldadas en celosía empleadas para forjados unidireccionales de hormigón, en cuyo caso, se podrán utilizar únicamente en los elementos transversales de conexión de la celosía.

A los efectos de esta Instrucción, se define el siguiente tipo de acero para alambres, tanto corrugados como lisos: B500T. (…)

Artículo 33. Armaduras pasivas

Se entiende por armadura pasiva el resultado de montar, en el correspondiente molde o encofrado, el conjunto de armaduras normalizadas, armaduras elaboradas o ferrallas armadas que, convenientemente solapadas y con los recubrimientos adecuados, tienen una función estructural

(…) En el caso de estructuras sometidas a acciones sísmicas (ver NCSE-02), se deberán emplear armaduras pasivas fabricadas a partir de acero corrugado soldable con características especiales de ductilidad (SD) (…)

Pregunta: ¿Por qué razón se separan los aceros de las armaduras, tanto pasivas como activas, en la EHE-08?
Respuesta: Hasta ahora la Instrucción había tratado de forma común a los aceros y a las armaduras que se conforman a partir de éstos, pero en la EHE-08 se tratan de forma diferente (tanto en lo referente a los requisitos exigidos como en el tratamiento en el control de recepción – ver Arts. 87, 88 y 89). Esto se debe fundamentalmente a que en la transformación del acero se pasa de ser un material base a un producto intermedio, con lo que las características mecánicas se ven alteradas, por lo que acero y armadura deben verse desde prismas diferentes.

33.1. Armaduras normalizadas

33.1.1. Mallas electrosoldadas

(…) Armadura formada por la disposición de barras corrugadas o alambres corrugados, longitudinales y transversales, de diámetro nominal igual o diferente, que se cruzan entre sí perpendicularmente y cuyos puntos de contacto están unidos mediante soldadura eléctrica, realizada en un proceso de producción en serie en instalación industrial ajena a la obra (…)

33.1.2. Armaduras básicas electrosoldadas en celosía

(…) Estructura espacial formada por un cordón superior y uno o varios cordones inferiores, todos ellos de acero corrugado, y una serie de elementos transversales, lisos o corrugados, continuos o discontinuos y unidos a los cordones longitudinales mediante soldadura eléctrica, producida en serie en instalación industrial ajena a la obra, que sean conforme con lo establecido en UNE-EN 10080. Los cordones longitudinales serán fabricados a partir de barras corrugadas conformes con 32.2 o alambres corrugados, de acuerdo con 32.3, mientras que los elementos transversales de conexión se elaborarán a partir de alambres lisos o corrugados, conformes con 32.3. (…)

33.2. Ferralla armada

(…) Comentarios: Esta Instrucción entiende como "ferralla", el conjunto de los procesos de transformación de productos de acero, mediante enderezado, corte, doblado o armado, según el caso. Asimismo, se entiende como "armado" la operación de montaje de la armadura pasiva proporcionándole su disposición geométrica definitiva. Se entiende como "montaje" la operación de colocación de la ferralla armada en el encofrado, configurando la armadura pasiva definitiva antes de hormigonar, para lo que deberá prestarse especial atención a la disposición de separadores y cumplimiento de las exigencias de recubrimiento (…)

Artículo 34. Acero para armaduras activas

34.1 Generalidades

A los efectos de esta Instrucción, se definen los siguientes productos de acero para armaduras activas:

- alambre: producto de sección maciza, liso o grafilado, que normalmente se suministra en rollo. Norma de referencia: UNE 36094:1997.
- barra: producto de sección maciza que se suministra solamente en forma de elementos rectilíneos.
- cordón: producto formado por un número de alambres arrollados helicoidalmente, con el mismo paso y el mismo sentido de torsión, sobre un eje ideal común (véase UNE 36094). Los cordones se diferencian por el número de alambres, del mismo diámetro nominal y arrollados helicoidalmente sobre un eje ideal común y que pueden ser 2, 3 ó 7 alambres. Norma de referencia: UNE 36094:1997.

(…) Se denomina "tendón" al conjunto de las armaduras paralelas de pretensado que, alojadas dentro de un mismo conducto, se consideran en los cálculos como una sola armadura. En el caso de armaduras pretesas, recibe el nombre de tendón, cada una de las armaduras individuales (…)

34.3. Alambres de pretensado

Los valores del diámetro nominal, en milímetros, de los alambres se ajustarán a la serie siguiente:

3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 7,5 - 8 - 9,4 – 10

(…)

34.5. Cordones de pretensado

- Cordones de 2 ó 3 alambres (ver Tabla 34.5.a.): Y 1770 S2; Y 1860 S3; Y 1960 S3; Y 2060 S3.
- Cordones de 7 alambres (ver Tabla 34.5.b.): Y 1770 S7; Y 1860 S7.

(…)

Artículo 35. Armaduras activas

(…) Disposiciones de elementos de acero de alta resistencia mediante las cuales se introduce la fuerza del pretensado en la estructura (…)

35.1. Sistemas de pretensado

En el caso de armaduras activas postesadas, sólo podrán utilizarse los sistemas de pretensado que cumplan los requisitos establecidos en el documento de idoneidad técnica europeo, con la Guía ETAG 013.

Todos los aparatos utilizados en las operaciones de tesado deberán estar adaptados a la función, y por lo tanto:

- cada tipo de anclaje requiere utilizar un equipo de tesado, en general se utilizará el recomendado por el suministrador del sistema.
- los equipos de tesado deberán encontrarse en buen estado con objeto de que su funcionamiento sea correcto, proporcionen un tesado continuo, mantengan la presión sin pérdidas y no ofrezcan peligro alguno.
- los aparatos de medida incorporados al equipo de tesado, permitirán efectuar las correspondientes lecturas con una precisión del 2%. Deberán contrastarse cuando vayan a empezar a utilizarse y, posteriormente, cuantas veces sea necesario, con frecuencia mínima anual.

Se debe garantizar la protección contra la corrosión de los componentes del sistema de pretensado, durante su fabricación, transporte y almacenamiento, durante la colocación y sobre todo durante la vida útil de la estructura.

Pregunta: ¿Qué significa que los sistemas de pretensado para armaduras activas postesadas deban cumplir la Guía ETAG 013?
Respuesta: Esto significa que en el caso de que el fabricante ejecute elementos prefabricados de hormigón postesados (por ejemplo, en puentes), deberá hacerlo con sistemas que dispongan de marcado CE (sistema 1+) según la guía DITE (= ETAG) 013.

35.3. Vainas y accesorios

En los elementos estructurales con armaduras postesas es necesario disponer conductos adecuados para alojar dichas armaduras. Para ello, lo más frecuente es utilizar vainas que quedan embebidas en el hormigón de la pieza, o se recuperan una vez endurecido éste.

Pregunta: Las vainas empleadas para alojar las armaduras postesadas, ¿deben disponer de marcado CE?
Respuesta: Solamente están obligados a tener el marcado CE, las vainas obtenidas con flejes de acero corrugado enrollados helicoidalmente, según la norma UNE-EN 523:2005.

Artículo 36. Piezas de entrevigado en forjados

Una pieza de entrevigado (o bovedilla) es un elemento prefabricado con función aligerante o colaborante destinada a formar parte, junto con las viguetas o nervios, la losa superior hormigonada en obra y las armaduras de obra, del conjunto resistente de un forjado. (…)

Pregunta: ¿Es cierto que las bovedillas de hormigón ya disponen de marcado CE?
Respuesta: Las bovedillas de hormigón empleadas conjuntamente con las viguetas (no deben incluirse las utilizadas con nervios fabricados in situ (sin parte de hormigón prefabricado) o incluso los casetones para la formación de forjados reticulares, muchas veces confundidos con las bovedillas) deberán tener marcado CE de forma obligatoria a partir del 1 de diciembre de 2012. Hasta entonces, su aplicación es voluntaria por parte del fabricante, pudiendo encontrarnos en el mercado bovedillas con y sin marcado CE simultáneamente, y ambas ser prefectamente legales.

Pregunta: ¿Puedo identificar los casetones como piezas de entrevigado, y por tanto, tener que cumploir los requisitos del Art. 36 de la EHE-08?
Respuesta: No. Debe quedar claro que los casetones y las piezas de entrevigado (comúnmente llamadas bovedillas) son productos diferentes, con aplicaciones distintas y por tanto, son tratados de forma diferente en la Reglamentación vigente. *Mientras que los casetones son piezas que constituyen el elemento base para la construcción de forjados reticulares o bidireccionales (su disposición permite transmitir las cargas según dos direcciones principales, generalmente ortogonales), las bovedillas son elementos que se intercalan entre las viguetas para la formación de un forjado unidireccional (transmisión de las cargas en una sola dirección) en el que las viguetas son el elemento resistente mientras que las bovedillas tienen una función aligerante y en algunos casos colaboradora con las viguetas.*

Capítulo VII. Durabilidad

Artículo 37. Durabilidad del hormigón y de las armaduras

La durabilidad de una estructura de hormigón es su capacidad para soportar, durante la vida útil para la que ha sido proyectada, las condiciones físicas y químicas a las que está expuesta, y que podrían llegar a provocar su degradación como consecuencia de efectos diferentes a las cargas y solicitaciones consideradas en el análisis estructural.

Una estructura durable debe conseguirse con una estrategia capaz de considerar todos los posibles factores de degradación y actuar consecuentemente sobre cada una de las fases de proyecto, ejecución y uso de la estructura.

Para ello, el Autor del proyecto deberá diseñar una estrategia de durabilidad que tenga en cuenta las especificaciones de este Capítulo. Alternativamente, para los procesos de corrosión de las armaduras, podrá optar por comprobar el Estado Límite de Durabilidad según lo indicado en el apartado 1 del Anejo 9.

Pregunta: ¿Qué diferencias se presentan entre aplicar el método de durabilidad del Art. 37 y el del Anejo 9?

Respuesta: La tabla siguiente establece las diferencias más significativas entre ambos métodos:

	Artículo 37 (Capítulo VII): Durabilidad	*Anejo 9: Estado límite de durabilidad*
Carácter	*Prescriptivo: a partir de una serie de valores (clase de ambiente, tipo de cemento, resistencia característica del hormigón vida útil -50 y 100 años) se determina el recubrimiento mínimo de las armaduras definidos en unas tablas. Asimismo, la clase de ambiente y el tipo de hormigón, determinan la máxima relación A/C y el contenido mínimo de cemento.*	*Prestacional: es un método inverso: determinación del recubrimiento a partir de haber calculado el tiempo que tardará en llegar el agresivo a la armadura a partir de una prestación del hormigón.*
Aplicación	*Método sencillo pero conservador*	*Método más avanzado, aunque todavía incompleto (faltan datos para su aplicación en determinados casos. P.ej. Velocidades de difusión de algunos cementos, etc.)*
Estatus normativo	*Continuidad con el planteamiento de la anterior Instrucción, EHE-98.*	*Es una de las principales novedades de la EHE-08.*
Potencial de uso	*Estructuras convencionales no sometidas a situaciones de una gravedad extraordinaria.*	*Puede ser recomendable en caso de que la optimización de parámetros (recubrimientos, etc.) tenga una repercusión económica significativa, caso de estructuras de gran complejidad técnica y/o que empleen materiales con altas calidades, etc.*

37.2. Estrategia para la durabilidad

(…) Será necesario seguir una estrategia que considere todos los posibles mecanismos de degradación, adoptando medidas específicas en función de la agresividad a la que se encuentre sometido cada elemento, que incluya, al menos, los siguientes aspectos:

37.2.2. Selección de formas estructurales adecuadas

- Evitar el empleo de diseños estructurales especialmente sensibles frente a la acción del agua y, en la medida de lo posible, reducir al mínimo el contacto directo entre ésta y el hormigón;
- Diseño de detalles necesarios para facilitar la rápida evacuación del agua;
- Procurar evitar el paso de agua sobre las zonas de juntas y sellados;
- Prever, en la medida de lo posible, el acceso a todos los elementos de la estructura, estudiando la conveniencia de disponer sistemas específicos que faciliten la inspección y el mantenimiento durante la fase de servicio;
- Etc.

37.2.3. Consecución de una calidad adecuada del hormigón y en especial de su capa exterior

Se entiende por un hormigón de calidad adecuada, aquel que cumpla las siguientes condiciones:

- Selección de materias primas acorde con lo indicado en los Artículos 26 al 35.
- Dosificación adecuada, según lo indicado en el punto 37.3.1, así como en el punto 37.3.2.
- Resistencia acorde con el comportamiento estructural esperado y congruente con los requisitos de durabilidad.

37.2.4. Adopción de un espesor de recubrimiento adecuado para la protección de las armaduras

El recubrimiento de hormigón es la distancia entre la superficie exterior de la armadura (incluyendo cercos y estribos) y la superficie del hormigón más cercana.

$$r_{nom} = r_{mín} + \Delta r$$

donde:

- r_{nom} Recubrimiento nominal
- $r_{mín}$ Recubrimiento mínimo (valor obtenido en tablas)
- Δr Margen de recubrimiento, en función del nivel de control de ejecución, y cuyo valor será:
  - 0 mm en elementos prefabricados con control intenso de ejecución;
  - 10 mm en el resto de los casos.

Pregunta: En el caso de elementos estructurales de hormigón prefabricado ¿es correcto aplicar siempre el margen de recubrimiento de 0 mm?

Respuesta: La EHE define los niveles de control de la ejecución en el Art.92, pero queda de manifiesto que este artículo está enfocado a la ejecución de elementos in situ, es decir, la fabricación de los elementos se hace en la propia obra, no como en el caso de los elementos prefabricados cuya ejecución (=fabricación) se lleva a cabo en condiciones normalmente controladas (protegido de la intemperie y con unas inspecciones implícitas en el marcado CE, que afecta a prácticamente cualquier producto prefabricados estructural. Por tanto, bajo nuestro punto de vista, puede aplicarse el margen de 0 mm., o lo que es lo mismo, el recubrimiento nominal será igual al recubrimiento mínimo que se obtiene a partir de los datos tabulados del Art. 37 de la EHE-08.

NOTA: Ver Artículo 37.2.4.1. y comentarios: Especificaciones respecto a recubrimientos de armaduras pasivas o activas pretesas

Tabla 37.2.4.1.a Recubrimientos mínimos (mm) para las clases generales de exposición I y II

Clase de exposición	Tipo de cemento	Resistencia característica del hormigón [N/mm²]	Vida útil de proyecto (t_g), (años)	
			50	100
I	Cualquiera	$f_{ck} \geq 25$	15	25
II a	CEM I	$25 \leq f_{ck} < 40$	15	25
		$f_{ck} \geq 40$	10	20
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	30
		$f_{ck} \geq 40$	15	25
II b	CEM I	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	30
		$f_{ck} \geq 40$	15	25
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$25 \leq f_{ck} < 40$	25	35
		$f_{ck} \geq 40$	20	30

Tabla 37.2.4.1.b Recubrimiento mínimo (mm)
para las clases generales de exposición III y IV

Hormigón	Cemento	Vida útil de proyecto (t_g) (años)	Clase general de exposición			
			IIIa	IIIb	IIIc	IV
Armado	CEM III/A, CEM III/B, CEM IV, CEM II/B-S, B-P, B-V, A-D u hormigón con adición de microsílice superior al 6% o de	50	25	30	35	35
		100	30	35	40	40
	Resto de cementos utilizables	50	45	40	*	*
		100	65	*	*	*
Pretensado	CEM II/A-D o bien con adición de humo de sílice superior al 6%	50	30	35	40	40
		100	35	40	45	45
	Resto de cementos utilizables, según el Artículo 26º	50	65	45	*	*
		100	*	*	*	*

*Estas situaciones obligarían a unos recubrimientos excesivos, desaconsejables desde el punto de vista de la ejecución del elemento. En estos casos, se recomienda comprobar el Estado Límite de Durabilidad según lo indicado en el Anejo nº 9, a partir de las características del hormigón prescrito en el Pliego del prescripciones técnicas del proyecto.

Tabla 37.2.4.1.c Recubrimientos mínimos para las clases específicas de exposición

Clase de exposición	Tipo de cemento	Resistencia característica del hormigón [N/mm²]	Vida útil de proyecto (t_g), (años)	
			50	100
H	CEM III	$25 \leq f_{ck} < 40$	25	50
		$f_{ck} \geq 40$	15	25
	Otros tipos de cemento	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	35
		$f_{ck} \geq 40$	10	20
F	CEM I I/A-D	$25 \leq f_{ck} < 40$	25	50
		$f_{ck} \geq 40$	15	35
	CEM III	$25 \leq f_{ck} < 40$	40	75
		$f_{ck} \geq 40$	20	40
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	40
		$f_{ck} \geq 40$	10	20
E (1)	Cualquiera	$25 \leq f_{ck} < 40$	40	80
		$f_{ck} \geq 40$	20	35
Qa	CEM III, CEM IV, CEM II/B-S, B-P, B-V, A-D u hormigón con adición de microsílice superior al 6% o de cenizas volantes superior al 20%	-	40	55
	Resto de cementos utilizables	-	*	*
Qb, Qc	Cualquiera	-	(2)	(2)

(*) Estas situaciones obligarían a unos recubrimientos excesivos

(1) Estos valores corresponden a condiciones moderadamente duras de abrasión. En el caso de que se prevea una fuerte abrasión, será necesario realizar un estudio detallado.

(2) El Autor del proyecto deberá fijar estos valores de recubrimiento mínimo y, en su caso, medidas adicionales, al objeto de que se garantice adecuadamente la protección del hormigón y de las armaduras frente a la agresión química concreta de que se trate.

Pregunta: ¿Tengo que comprobar adicionalmente los valores de recubrimiento necesarios para determinar la resistencia al fuego necesaria en cada caso?
Respuesta: Pues depende del caso, pero de forma general se puede afirmar que los valores tabulados de recubrimientos del Capítulo VII son suficientes para cumplir simultáneamente la vida útil del elemento, su resistencia al fuego y también asegurar la transmisión de fuerzas por adherencia entre las armaduras y el hormigón.

NOTA: Ver Artículo 37.2.4.2.: Recubrimientos de armaduras activas postesas

37.2.5 Separadores

Los recubrimientos deberán garantizarse mediante la disposición de los correspondientes elementos separadores (…) Deberán ser de hormigón, mortero, plástico rígido o material similar y haber sido específicamente diseñados para este fin (…) Se prohíbe el empleo de madera así como el de cualquier material residual de construcción, aunque sea ladrillo u hormigón. En el caso de que puedan quedar vistos, se prohíbe asimismo el empleo de materiales metálicos. En cualquier caso, los materiales componentes de los separadores no deberán tener amianto.

37.2.6. Control del valor máximo de abertura de fisura

(…) Los valores máximos a considerar, en función de la clase de exposición ambiental, serán los indicados en la tabla 5.1.1.2.

Tabla 5.1.1.2

Clase de exposición, según artículo 8º	$w_{máx}$ [mm]	
	Hormigón armado (para la combinación cuasipermanente de acciones)	Hormigón pretensado (para la combinación frecuente de acciones)
I	0,4	0,2
IIa, IIb, H	0,3	0,2[1]
IIIa, IIIb, IV, F, Qa[2]	0,2	Descompresión
IIIc, Qb[2], Qc[2]	0,1	

[1] Adicionalmente deberá comprobarse que las armaduras activas se encuentran en la zona comprimida de la sección, bajo la combinación cuasipermanente de acciones.

[2] La limitación relativa a la clase Q sólo será de aplicación en el caso de que el ataque químico pueda afectar a la armadura. En otros casos, se aplicará la limitación correspondiente a la clase general correspondiente.

37.2.7. Disposición de protecciones superficiales en caso de ambientes muy agresivos

- Aplicación de revestimientos superficiales con productos específicos para la protección del hormigón (pinturas o revestimientos),
- Protección de las armaduras mediante revestimientos (por ejemplo, armaduras galvanizadas).
- Protección catódica de las armaduras, mediante ánodos de sacrificio o por corriente impresa.
- Armaduras de acero inoxidable.
- Aditivos inhibidores de la corrosión.

37.3 Durabilidad del hormigón

37.3.1 Requisitos de dosificación y comportamiento del hormigón

Para conseguir una durabilidad adecuada del hormigón se deben cumplir los requisitos siguientes:

1) Requisitos generales:

- Máxima relación agua/cemento, y mínimo contenido de cemento según 37.3.2.

Tabla 37.3.2.a Máxima relación agua/cemento y mínimo contenido de cemento

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	CLASE DE EXPOSICIÓN												
		I	IIa	IIb	IIIa	IIIb	IIIc	IV	Qa	Qb	Qc	H	F	E
Máxima	masa	0,65	-	-	-	-	-	-	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,50
Relación	armado	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,50
a/c	pretensado	0,60	0,60	0,55	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50	0,45	0,45	0,55	0,50	0,50
Mínimo	masa	200	-	-	-	-	-	-	275	300	325	275	300	275
contenido	armado	250	275	300	300	325	350	325	325	350	350	300	325	300
de cemento (kg/m³)	pretensado	275	300	300	300	325	350	325	325	350	350	300	325	300

Tabla 37.3.2.b Resistencias mínimas recomendadas en función de los requisitos de durabilidad (*)

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	CLASE DE EXPOSICIÓN												
		I	IIa	IIb	IIIa	IIIb	IIIc	IV	Qa	Qb	Qc	H	F	E
resistencia	masa	20	-	-	-	-	-	-	30	30	35	30	30	30
Mínima	armado	25	25	30	30	30	35	30	30	30	35	30	30	30
(N/mm²)	pretensado	25	25	30	30	35	35	35	30	35	35	30	30	30

(*) Estos valores reflejan las resistencias que pueden esperarse con carácter general cuando se emplean áridos de buena calidad y se respetan las especificaciones estrictas de durabilidad incluidas en esta Instrucción. Se trata de una tabla meramente orientativa, al objeto de fomentar la deseable coherencia entre las especificaciones de durabilidad y las especificaciones de resistencia. En este sentido, se recuerda que en algunas zonas geográficas en las que los áridos sólo pueden cumplir estrictamente las especificaciones definidos para ellos en esta Instrucción, puede ser complicado obtener estos valores.

2) Requisitos adicionales:

- Mínimo contenido de aire ocluido, en su caso, según 37.3.3. Se trata de comprobar la impermeabilidad del hormigón (volumen de los poros y redes de comunicación de los mismos) en caso de ambientes III ó IV, o en ambientes con cualquier clase específica de exposición.
- Resistencia del hormigón frente a la helada, según 37.3.4.: elementos en clase de exposición F.
- Utilización de un cemento resistente a los sulfatos, en su caso, según 37.3.5.
- Utilización de un cemento resistente al agua de mar, en su caso, según 37.3.6.: elementos en clases generales IIIb ó IIIc.
- Resistencia frente a la erosión, en su caso, según 37.3.7.: elementos en clase de exposición F.
- Resistencia frente a las reacciones álcali-árido, en su caso, según 37.3.8.

37.4. Adopción de medidas de protección de las armaduras frente a la corrosión

- Caso de armaduras pasivas, según 37.4.1.
- Caso de armaduras activas, según 37.4.2.

Capítulo VIII. Datos de los materiales para el proyecto

Artículo 38. Características de las armaduras

38.3 Resistencia de cálculo del acero en las armaduras pasivas

Se considerará como resistencia de cálculo del acero f_{yd} el valor: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$

siendo f_{yk} el límite elástico característico y γ_s el coeficiente parcial de seguridad definido en el Artículo 15. Las expresiones indicadas son válidas tanto para tracción como para compresión.

38.6. Resistencia de cálculo del acero en las armaduras pasivas

Como resistencia de cálculo del acero en las armaduras activas f_{pd} el valor: $f_{pd} = f_{pk} / \gamma_s$

siendo f_{pk} el límite elástico característico y γ_s el coeficiente parcial de seguridad definido en el Artículo 15.

Artículo 39. Características del hormigón

39.1. Definiciones

Resistencia característica de proyecto, f_{ck}, es el valor que se adopta en el proyecto para la resistencia a compresión, como base de los cálculos (...)

39.2. Tipificación de los hormigones

Los hormigones se tipificarán de acuerdo con el siguiente formato: T - R / C / TM / A

donde:

- T: HM en el caso de hormigón en masa, HA en el caso de hormigón armado y HP en el de pretensado.
- R: Resistencia característica especificada del hormigón a compresión a 28 días, en N/mm². Se recomienda utilizar la siguiente serie: 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100
- C: Letra inicial del tipo de consistencia, tal y como se define en 31.5. En el caso de hormigones autocompactantes, cuya docilidad se determina por métodos de ensayos propios, se designará como AC (ver Anejo 17).
- TM: Tamaño máximo del árido en milímetros, definido en 28.3.
- A: Designación del ambiente, de acuerdo con 8.2.1.

39.4. Resistencia de cálculo del hormigón

Se considerará como resistencia de cálculo del hormigón en compresión f_{cd} el valor: $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$

donde:

- α_{cc} Factor que tiene en cuenta el cansancio del hormigón cuando está sometido a altos niveles de tensión de compresión debido a cargas de larga duración. En esta Instrucción se adopta, con carácter general, el valor = 1. No obstante, el Autor del Proyecto valorará la adopción de valores para αcc que sean menores que la unidad ($0{,}85 \leq \alpha_{cc} \leq 1$) en función de la relación entre las cargas permanentes y las totales o en función de las características de la estructura.
- f_{ck} Resistencia característica de proyecto.
- γ_c Coeficiente parcial de seguridad que adopta los valores indicados en el Artículo 15.

Capítulo XII. Elementos estructurales

Artículo 59. Estructuras construidas con elementos prefabricados

59.1 Aspectos aplicables a estructuras construidas con elementos prefabricados en general

59.1.1. Generalidades

Este artículo recoge algunos aspectos específicos de aplicación a las estructuras construidas parcial o totalmente con elementos prefabricados de hormigón. Dado el carácter evolutivo de su construcción, deben considerarse, tanto en el análisis de esfuerzos como en las comprobaciones de Estados Límite: (1) las situaciones transitorias, (2) los apoyos provisionales y definitivos y (3) las conexiones entre distintas piezas (…)

59.1.2. Análisis estructural

En el análisis deberá considerarse:

- La evolución de la geometría, las condiciones de apoyo de cada pieza y las propiedades de los materiales en cada etapa y la interacción de cada pieza con otros elementos.
- La influencia en el sistema estructural del comportamiento entre conexiones de los elementos, y en especial su resistencia y deformación.
- Las incertidumbres en las condiciones de transmisión de esfuerzos entre elementos debidas a las imperfecciones geométricas en las piezas, en su posicionamiento y en sus apoyos (…)

59.1.3. Conexión y apoyo de elementos prefabricados

- Materiales, según especifica el Art. 59.1.3.1.
- Diseño de conexiones, según especifica el Art. 59.1.3.2.
- Conexiones a compresión, según especifica el Art. 59.1.3.3.
- Conexiones de cortante, según especifica el Art. 59.1.3.4.
- Conexiones a flexión y a tracción, según especifica el Art. 59.1.3.5.
- Juntas a media madera, según especifica el Art. 59.1.3.6.
- Anclaje de las armaduras en los apoyos, según especifica el Art. 59.1.3.7.
- Consideraciones para el apoyo de piezas prefabricadas, según especifica el Art. 59.1.3.8.

59.1.4. Cálices

59.1.5. Sistemas de atado

59.2. Forjados unidireccionales con viguetas o losas alveolares

Para la comprobación de los distintos Estados Límite se estudiarán las diferentes combinaciones de acciones ponderadas, de acuerdo con los criterios expuestos en el Artículo 13º.

- Se comprobará el Estado Límite Último de Agotamiento por tensiones normales de acuerdo con lo el Artículo 42.
- Si la flexión está combinada con esfuerzo cortante, se comprobará el Estado Límite Último de Cortante de acuerdo con las indicaciones del Artículo 44.
- En el caso de existir momento torsor se comprobará el Estado Límite Último de Agotamiento por torsión de elementos lineales de acuerdo con el Artículo 45.
- En forjados de losas alveolares sin losa superior hormigonada en obra, si existen cargas concentradas se verificará el Estado Límite de Punzonamiento según Artículo 46.
- Tanto en forjados con viguetas armadas o pretensadas como en los forjados de losas alveolares con losa superior hormigonada en obra debe verificarse el Estado Límite de Rasante con arreglo al Artículo 47.
- Se comprobarán los Estados Límite de Fisuración, Deformación y Vibraciones, cuando sea necesario, según los artículos 49, 50 y 51, respectivamente.

(…) En el Anejo 12 se contemplan disposiciones de armaduras, aspectos constructivos y de cálculo específicos de este tipo de forjados.

59.2.1. Condiciones geométricas de la sección transversal del forjado

- Espesores de la losa superior hormigonada en obra, si aplica.
- Consideraciones sobre las bovedillas, las armaduras y la losa de hormigón in situ.
- Consideraciones sobre las dimensiones de las losas alveolares.
- Armaduras de reparto de la losa superior.
- Forma de las juntas
- Etc.

Pregunta: Soy fabricante de losas alveolares pretensadas y he detectado que la EHE-08 define unas dimensiones mínimas para las almas y las alas, como también lo hace la propia norma de producto UNE-EN 1168. Por tanto, ¿qué valores debo tomar?

Respuesta: Pues para cumplir simultáneamente ambos casos, debes tomar los valores más restrictivos, es decir, los que resulten de la siguiente tabla:

	EHE-08 (Art. 59.2.1.)	*UNE-EN 1168 (Art. 4.3.1.2.1.)*
Almas	*Espesor mayor o igual al mayor valor de los tres siguientes:* *√2h* *20 mm.* *resultado de sumar 10 mm al tamaño máximo del árido.*	*Espesor mayor o igual al mayor valor de los tres siguientes:* *h/10* *20 mm.* *d_g + 5 mm.*
Alas		*Espesor mayor o igual al mayor valor de los tres siguientes:* *√2h* *17 mm.* *d_g + 5 mm.* *solo ala superior: 0,25·b_c*

Siendo:

- *h canto total de la pieza prefabricada, en mm.*
- *d_g tamaño máximo nominal del árido mayor en la lechada de la junta.*
- *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.*

59.2.3. Enlaces y apoyos

- Apoyos de forjados de viguetas, según 59.2.3.2.
- Apoyos de forjado de losas alveolares pretensadas, según 59.2.3.3. Por ejemplo: sobre capa de mortero, bandas de material elastomértico o apoyos individuales situados bajo cada nervio de la losa.

(…) En el Anejo 12 se incluyen valores de la entrega mínima nominal de las losas alveolares, en función del tipo de apoyo (directo e indirecto) y de las condiciones del mismo, que permiten garantizar el correcto funcionamiento del enlace.

Pregunta: ¿Es cierto que los apoyos elastoméricos están regulados?

Respuesta: Así es. Los apoyos elastoméricos (por ejemplo, de neopreno) que se emplean en las estructuras de puentes u otras estructuras con condiciones de apoyo similares, están bajo el alcance de la Norma UNE-EN 1337-3, y tienen que disponer de marcado CE para poder ser comercializados dentro del Espacio Económico Europeo.

59.3. Otros tipos de forjados construidos con elementos prefabricados

En el caso de forjados construidos con elementos prefabricados diferentes, tales como piezas en sección en π, en artesa o con prelosas prefabricadas, se prestará especial atención al análisis estructural, que deberá tener en cuenta el esquema estructural, las cargas, los apoyos, y las características de los materiales en las sucesivas fases constructivas, durante la manipulación, el transporte y el montaje, y demás aspectos contemplados en el apartado 59.1 de esta Instrucción.

Artículo 60. Elementos estructurales para puentes

60.1.2. Tableros constituidos por vigas prefabricadas (vigas en doble T, artesa o similares)

Deberán tenerse en cuenta en la comprobación o en el dimensionamiento de los elementos del tablero las distintas fases de construcción del mismo, considerando adecuadamente tanto las cargas actuantes como la configuración estructural, el sistema de apoyos y las secciones resistentes en cada fase constructiva:

- anchos eficaces del ala a considerar en cada situación.
- uniones entre las vigas prefabricadas y la losa-forjado.
- comprobaciones de punzonamiento frente a la actuación de las cargas concentradas de vehículos pesados.
- consideración de las deformaciones instantáneas y diferidas que se producen a lo largo de la historia de las vigas y, en particular, durante los plazos transcurridos entre la fabricación de las mismas y su incorporación a la estructura.
- Etc.

Capítulo XIII. Ejecución

Artículo 76. Elementos prefabricados

76.1. Transporte, descarga y manipulación

Además de las exigencias derivadas de la reglamentación vigente en materia de transporte, en el caso de los elementos prefabricados se deberá tener en cuenta, como mínimos, las siguientes condiciones:

- el apoyo sobre las cajas del camión no deberá introducir esfuerzos en los elementos no contemplados en el correspondiente proyecto,
- la carga deberá estar atada para evitar movimientos indeseados de la misma,
- todas las piezas deberán estar separadas mediante los dispositivos adecuados para evitar impactos entre las mismas durante el transporte,
- en el caso de que el transporte se efectúe en edades muy tempranas del elemento, deberá evitarse su desecación durante el mismo.

Para su descarga y manipulación en la obra, el Constructor, o en su caso, el Suministrador del elemento prefabricado, deberá emplear los medios de descarga adecuados a las dimensiones y peso del elemento, cuidando especialmente que no se produzcan pérdidas de alineación o verticalidad que pudieran producir tensiones inadmisibles en el mismo. En cualquier caso, se seguirán las instrucciones indicadas por cada fabricante para la manipulación de los elementos. Si alguno de ellos resultara dañado, pudiendo afectar a su capacidad portante, se procederá a su rechazo.

76.2. Acopio en obra

En su caso, se procurará que las zonas de acopios sean lugares suficientemente grandes para que permita la gestión adecuada de los mismos sin perder la necesaria trazabilidad, a la vez que sean posibles las maniobras de camiones o grúas, en su caso.

Los elementos deberán acopiarse sobre apoyos horizontales que sean lo suficientemente rígidos en función de las características del suelo, de sus dimensiones y del peso. En el caso de viguetas y losas alveolares, se apilarán limpias sobre durmientes que coincidirán en la misma vertical, con vuelos, en su caso, no mayores que 0,50 m, ni alturas de pila superiores a 1,50 m, salvo que el fabricante indique otro mayor.

En su caso, las juntas, fijaciones, etc., deberán ser también acopiadas en un almacén, de manera que no se alteren sus características y se mantenga la necesaria trazabilidad.

76.3. Montaje de elementos prefabricados

El montaje de los elementos prefabricados deberá ser conforme con lo establecido en el proyecto y, en particular, con lo indicado en los planos y detalles de los esquemas de montaje, con la secuencia de operaciones del programa de ejecución así como con las instrucciones de montaje que suministre el fabricante de producto prefabricado.

En función del tipo de elemento prefabricado, puede ser necesario que el montaje sea efectuado por personal especializado y con la debida formación.

76.3.1. Viguetas y losas alveolares

76.3.1.1. Colocación de viguetas y piezas de entrevigado

El apuntalado se efectuará de acuerdo con lo establecido al efecto en el apartado 68.2 de esta Instrucción. Una vez niveladas las sopandas, se procederá a la colocación de las viguetas con el intereje que se indique en los planos, mediante las piezas de entrevigado extremas. Finalizada esta fase, se ajustarán los puntales y se procederá a la colocación de las restantes piezas de entrevigado.

76.3.1.2. Desapuntalado

Los plazos de desapuntalado serán los indicados en el Artículo 74º. Para modificar dichos plazos, el Constructor presentará a la Dirección facultativa para su aprobación un plan de desapuntalado acorde con los medios materiales disponibles, debidamente justificado y donde se establezcan los medios de control y

seguridad apropiados. El orden de retirada de los puntales será desde el centro de vano hacia los extremos y en el caso de voladizos, del vuelo hacia el arranque. No se entresacarán ni retirarán puntales sin la autorización previa de la Dirección Facultativa.

No se desapuntalará de forma súbita y se adoptarán las precauciones debidas para impedir el impacto de las sopandas y puntales sobre el forjado.

76.3.1.3. Realización de tabiques divisorios

En la ejecución de los elementos divisorios constituidos por tabiques rígidos, se adoptarán las soluciones constructivas que sean necesarias para minimizar el riesgo de aparición de daños en los tabiques como consecuencia del apoyo del forjado y la transmisión de cargas de los pisos superiores a través de los tabiques.

76.3.2. Otros elementos prefabricados lineales

En el montaje de vigas prefabricadas, se adoptarán las medidas oportunas para evitar que se produzcan corrimientos de los apoyos.

El proyecto deberá incluir, en su caso, un estudio del montaje de los elementos prefabricados que requieran arriostramientos provisionales para evitar posibles problemas de inestabilidad durante el montaje de la estructura.

76.4. Uniones de elementos prefabricados

Las uniones entre las distintas piezas prefabricadas que constituyen una estructura, o entre dichas piezas y los otros elementos estructurales construidos *in situ*, deberán asegurar la correcta transmisión de los esfuerzos entre cada pieza y las adyacentes a ella.

Se construirán de tal forma que puedan absorberse las tolerancias dimensionales normales de prefabricación, sin originar solicitaciones suplementarias o concentración de esfuerzos en los elementos prefabricados.

Las testas de los elementos que vayan a quedar en contacto, no podrán presentar irregularidades tales que impidan que las compresiones se transmitan uniformemente sobre toda la superficie de aquéllas. El límite admisible para estas irregularidades depende del tipo y espesor de la junta; y no se permite intentar corregirlas mediante enfoscado de las testas con mortero de cemento, o cualquier otro material que no garantice la adecuada transmisión de los esfuerzos sin experimentar deformaciones excesivas.

En las uniones por soldadura deberá cuidarse que el calor desprendido no produzca daños en el hormigón o en las armaduras de las piezas.

Las uniones mediante armaduras postesas exigen adoptar precauciones especiales si estas armaduras son de pequeña longitud. Su empleo es recomendable para rigidizar nudos y están especialmente indicadas para estructuras que deban soportar acciones sísmicas.

En las uniones roscadas, se atenderá especialmente tanto a las calibraciones de los equipos dinamométricos utilizados, como a que la tensión de apriete aplicada en cada tornillo se corresponde con la especificada en el proyecto.

Artículo 77. Aspectos medioambientales básicos y buenas prácticas medioambientales durante la ejecución de la estructura

Pregunta: ¿Qué importancia le concede la EHE-08 a los aspectos medioambientales, en lo referente al uso de elementos prefabricados de hormigón?

Respuesta: La Instrucción EHE-08 ha evolucionado notoriamente en este sentido, incorporando por primera vez consideraciones de tipo medioambiental en la ejecución de estructuras, en aspectos como la gestión de los residuos, el control de las emisiones a la atmósfera, el consumo responsable de los recursos y en especial, implica a los distintos agentes a priorizar en el uso de materiales y productos ambientales adecuados, que cumplan en la medida de lo posible los siguientes criterios:

- *materiales de la mayor durabilidad posible,*
- *materiales del menor mantenimiento posible,*
- *materiales simples, preferiblemente de un único componente,*
- *materiales fáciles de poner en obra y, en su caso, de reciclar,*
- *materiales de la máxima eficacia energética posible,*
- *materiales de la mayor salubridad posible, tanto para el personal durante la ejecución, como para los usuarios,*
- *materiales procedentes de ubicaciones o almacenes lo más próxima posible a la obra, al objeto de minimizar los impactos derivados del transporte.*

Con este escenario, los productos prefabricados de hormigón deben jugar un papel cada vez más importante por el potencial que en este sentido ofrecen, y en el que bajo nuestro punto de vista deben implicarse los propios fabricantes apostando por mejorarlos considerando además de aspectos técnicos y económicos, los medioambientales.

Asimismo, en el Anejo 13 de la Instrucción se presenta un modelo de cálculo para determinar en qué grado es sostenible una estructura de hormigón, mediante la obtención de un índice (ICES).

Capítulo XIV. Bases generales de control

Artículo 78. Criterios generales de control

(…) Durante la ejecución de las obras, la Dirección Facultativa realizará los controles siguientes:

- control de la conformidad de los productos que se suministren a la obra, de acuerdo con el Capítulo XVI,
- control de la ejecución de la estructura, de acuerdo con el artículo 92, y
- control de la estructura terminada, de acuerdo con el artículo 100.

Esta Instrucción contempla una serie de comprobaciones que permiten desarrollar los controles anteriores. No obstante, la Dirección Facultativa podrá también optar, por:

- otras alternativas de control siempre que demuestre, bajo su supervisión y responsabilidad, que son equivalentes y no suponen una disminución de las garantías para el usuario;
- un sistema de control equivalente que mejore las garantías mínimas para el usuario establecidas por el articulado, por ejemplo mediante el empleo de materiales, productos y procesos en posesión de distintivos de calidad oficialmente reconocidos (D.O.R.) conforme lo indicado en el Anejo 19, a los que se les podrá aplicar las consideraciones especiales establecidas para ellos en esta Instrucción.

(…)

Artículo 79. Condiciones para la conformidad de la estructura

79.3. Conformidad de los productos

El control de recepción de los productos tiene por objeto comprobar que sus características técnicas cumplen lo exigido en el proyecto.

En el caso de productos que deban disponer del marcado CE según la Directiva 89/106/CE, podrá comprobarse su conformidad mediante la verificación de que los valores declarados en los documentos que acompañan al citado marcado CE permiten deducir el cumplimiento de las especificaciones indicadas en el proyecto y, en su defecto, en esta Instrucción.

En otros casos, el control de recepción de los productos comprenderá:

- el control de la documentación de los suministros que llegan a la obra, realizado de acuerdo con 79.3.1,
- en su caso, el control mediante distintivos de calidad, según el apartado 79.3.2 y,
- en su caso, el control mediante ensayos, conforme con el apartado 79.3.3.

(…) La Dirección Facultativa, en uso de sus atribuciones, podrá disponer en cualquier momento la realización de comprobaciones o ensayos adicionales sobre las remesas o las partidas de productos suministrados a la obra o sobre los empleados para la elaboración de los mismos. (…)

Pregunta: ¿Qué productos prefabricados de hormigón están obligados a disponer de marcado CE?

Respuesta: Una inmensa mayoría de las soluciones estructurales más habituales de hormigón prefabricado están sujetas ya a tener el marcado CE. No obstante, se recomienda comprobar siempre el "Objeto y campo de aplicación" de las normas para asegurarse que el producto queda dentro del mismo, y por lo tanto está obligado a tener el marcado CE para que pueda ser comercializado en la Unión Europea. En el momento actual, la siguiente tabla recoge los productos prefabricados de hormigón estructurales con marcado CE:

Productos con marcado CE obligatorio

NORMA DE REFERENCIA	***TÍTULO***	***SISTEMA EVALUACIÓN CONFORMIDAD***
UNE EN 1168:2006+A2:2010	*Placas alveolares (para forjados y cubiertas)*	*2+*
UNE-EN 1317-5+A1:2009	*Sistemas de contención para carreteras. Ej.: Barreras de seguridad prefabricadas*	*1*
UNE EN 12794:2006+A1:2008/AC:2009	*Pilotes de cimentación*	*2+*
UNE EN 12843:2005	*Mástiles y Postes*	*2+*
UNE EN 13224:2005+A1:2007	*Elementos para forjados nervados (tipo Π)*	*2+*
UNE EN 13225:2005/AC:2007	*Elementos lineales estructurales*	*2+*
UNE-EN 13693:2005+A1:2010	*Elementos especiales para cubiertas*	*2+*
UNE EN 13747:2006+A2	*Prelosas para forjados*	*2+*
UNE EN 13978-1:2006	*Garajes prefabricados de hormigón*	*2+*
UNE-EN 14843:2008	*Escaleras*	*2+*
UNE-EN 14844:2007+A1	*Marcos*	*2+/4 **
UNE-EN 14991:2008	*Elementos de cimentación*	*2+*
UNE-EN 14992:2008	*Elementos para muros*	*2+/4 **
UNE-EN 15037-1:2010	*Sistemas de forjado de vigueta y bovedilla. Parte 1: viguetas*	*2+*
*UNE-EN 15037-2:2009+A1:2011 **	*Sistemas de forjado de vigueta y bovedilla. Parte 2: bovedillas*	*2+*
UNE-EN 15050:2008	*Elementos para puentes*	*2+*
UNE-EN 15258:2009	*Elementos de muros de contención*	*2+*

Para una mayor información acerca de cómo cumplir con el marcado CE, puede acceder al apartado de "Marcado CE" de la sección de "Calidad y Normativa" de la web de ANDECE, donde podrás descargarte documentos útiles (guías de productos, informes aclaratorios, etc.

http://www.andece.org/index.php/calidad-y-normativa/marcadocegeneral

** En el caso de los "Marcos" (UNE-EN 14844:2007+A1) y los "Elementos para muros" (UNE-EN 14992:2008) deben identificarse qué elementos son considerados como estructurales (sistema 2+ de evaluación de la conformidad) y, que por tanto, quedarán incluidos dentro del alcance de la EHE-08.*

*** El marcado CE de las bovedillas de hormigón es de aplicación voluntaria entre el 1/12/11 y el 30/11/12, siendo su tenencia obligatoria a partir del 1/12/12.*

Pregunta: ¿En qué situación reglamentaria están las viguetas, una vez se ha definido las fechas de aplicación de marcado CE?

Respuesta: La reciente exigencia de que las viguetas para sistemas de forjado de vigueta y bovedilla, deben disponer de marcado CE obligatorio (desde enero de 2011) ha significado la derogación definitiva del RD 1630/1980 de "Autorizaciones de Uso". La diferencia fundamental entre ambos escenarios reglamentarios, era que con la entrada del marcado CE las tradicionales fichas técnicas y memoria de cálculo han dejado de ser obligatorias, aunque el fabricante puedededecidir si seguir proporcionando esta información, pues constituye una información fundamental que contiene los datos necesarios para el estudio del forjado.

Tienes a tu disposición un artículo donde se explica en detalle la transición normativa de las Autorizaciones de Uso al Marcado CE, en la sección de "Autorizaciones de Uso" del apartado de "Calidad y Normativa" de la web de ANDECE:

http://www.andece.org/images/stories/Alex/artculo_viguetas.pdf

79.3.1. Control documental de los suministros

Los Suministradores entregarán al Constructor, quien los facilitará a la Dirección Facultativa, cualquier documento de identificación del producto exigido por la reglamentación aplicable o, en su caso, por el proyecto o por la Dirección Facultativa.

- antes del suministro:
  - documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente, incluida cuando proceda la documentación correspondiente al marcado CE de los productos de construcción;
  - en su caso, declaración del Suministrador firmada por persona física con poder de representación suficiente en la que conste que, en la fecha de la misma, el producto está en posesión de un D.O.R.,
- durante el suministro: las hojas de suministro de cada partida o remesa, de acuerdo con lo indicado en el Anejo nº 21.
- después del suministro: certificado de garantía del producto suministrado al que se refieren, para cada caso, los diferentes apartados del Capítulo XVI de esta Instrucción, firmado por persona física con poder de representación suficiente, de acuerdo con lo indicado en el Anejo 21.

Pregunta: ¿Existe algún registro donde se identifique la documentación necesaria que como suministrador de elementos prefabricados de hormigón debo proveer en la entrega en obra?

Respuesta: Uno de los mayores problemas que se producen actualmente en el suministro de elementos prefabricados de hormigón reside en la ausencia de una referencia consensuada en cuanto a qué documentación debe acompañar a los productos, o cuál puede demandarse, existiendo una diversidad amplísima de formas de proceder. La situación económica actual está produciendo una exigencia documental a veces excesiva, quizás provocada por motivos ajenos a la seguridad o la confianza técnica en el producto y que afecta negativamente a la actividad de los fabricantes.

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.

Esta ficha ha sido supervisada y aprobada por los principales agentes de las administraciones públicas, así como otras organizaciones de relevancia en esta área, por lo que además de ANDECE han participado los distintos Organismos implicados en los sectores de la Construcción y de la Obra Civil, tales como el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio; AECCTI; y los siete Organismos Notificados para la certificación de marcado CE de prefabricados de hormigón estructurales.

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

http://www.andece.org/index.php/calidad-y-normativa/control-documental

79.3.2. Control de recepción mediante distintivos de calidad

Los Suministradores entregarán al Constructor, quien la facilitará a la Dirección Facultativa, una copia compulsada por persona física de los certificados que avalen que los productos que se suministrarán están en posesión de un D.O.R. (…)

79.3.3. Control de recepción mediante ensayos

Para verificar el cumplimiento de las exigencias de esta Instrucción puede ser necesario, en determinados casos, realizar ensayos sobre algunos productos, según lo establecido en esta Instrucción o bien, según lo especificado en el proyecto u ordenado por la Dirección Facultativa.

Capítulo XVI. Control de la conformidad de los productos

Artículo 85. Criterios específicos para la comprobación de la conformidad de los materiales componentes del hormigón

(…) El control será efectuado por el responsable de la recepción en la instalación industrial de prefabricación.

Cementos, según Art. 85.1.: conformidad de acuerdo a la reglamentación específica vigente (Instrucción para la recepción de cementos RC-08).

Pregunta: ¿Cuáles son las tareas que debo realizar en la recepción de los cementos en planta?

Respuesta: RC-08. CAPÍTULO III – Artículo 6. Control de recepción.

A los efectos de esta Instrucción, durante la recepción de los cementos, debe verificarse que éstos se adecuan, en el momento de su entrega, a lo especificado en el proyecto o, en su caso, en el pedido, y que satisfacen las prescripciones y demás condiciones exigidas en esta Instrucción.

6.1 Consideraciones generales.

(…) el Responsable de la recepción (…) deberá velar por que los cementos, una vez aceptados, sean almacenados y tratados de forma que se garantice el mantenimiento de sus prestaciones hasta el momento de su empleo.

6.2 Organización de la recepción.

6.2.2 Fases del control en la recepción del cemento.

(…) la recepción del cemento debe incluir, al menos:

— una primera fase, de comprobación de la documentación, incluidos los distintivos de calidad, en su caso, y del etiquetado del cemento, y
— una segunda fase, consistente en una Inspección visual del suministro,

Ambas fases son obligatorias cualquiera que sea la organización del control.

En previsión de que el Responsable de la recepción pudiera considerar necesario realizar ensayos, se incluirá una tercera fase, potestativa, de comprobación del tipo y clase del cemento, así como sus características químicas, físicas y mecánicas, mediante la realización de ensayos de identificación y, en su caso, ensayos complementarios.

6.2.2.1 Primera fase: Comprobación de la documentación y del etiquetado del cemento.

el Responsable de la recepción, o la persona en quien delegue, deberá comprobar, que la documentación, que debe facilitar el suministrador, es la requerida en a), b), c), d) y e) de este apartado y que tanto ésta como el etiquetado reglamentario son conformes a lo establecido en esta Instrucción.

6.2.2.2 Segunda fase: Control mediante inspección visual.

Una vez superada la fase de control documental, el Responsable de la recepción debe, para la aceptación de la remesa, someter el cemento suministrado a una inspección visual cuando, en función del modo de transporte, o del estado de los envases en el momento de su suministro, estime necesario comprobar que el cemento no ha sufrido alteraciones o mezclas indeseables.

6.2.2.3 Tercera fase: Control mediante la realización de ensayos.

Esta tercera fase de la recepción es potestativa y de aplicación cuando, en su caso, el proyecto en función de las características especiales de la obra o en previsión de la posible presencia en la recepción de los defectos citados, así lo establezca o, en cualquier caso, cuando el Responsable de la recepción así lo decida por haberse obtenido resultados no conformes en la fase anterior o por haberse detectado defectos en el uso de los cementos procedentes de remesas anteriores.

De llevarse a cabo ensayos, éstos se realizarán de acuerdo con los Anejos 5 y 6 de esta Instrucción.

Los ensayos de identificación y complementarios de esta fase, son los que figuran en los apartados A6.1 y A6.2, respectivamente.

En todo caso, el suministrador del cemento, debidamente informado por el responsable de la recepción, podrá, cuando lo estime oportuno y en aquellas situaciones en que lo considere necesario, pedir la realización de contra-ensayos.

6.2.2.3.2 Criterios de conformidad.

A los efectos de esta fase, la remesa es conforme cuando el cemento satisface los criterios establecidos en el apartado A5.5. Se deberá justificar que el nivel de riesgo para el usuario no es superior al obtenido por aplicación de los criterios del citado apartado.

6.2.2.3.3 Actuación en caso de no conformidad.

En caso de no conformidad, el Responsable de la recepción levantará acta de esta situación, en la que recogerá su decisión bien de rechazo condicionado del lote, en caso de petición por parte del suministrador de la realización de contra-ensayos, o bien de rechazo definitivo del mismo.

En caso de rechazo condicionado, y en tanto en cuanto no se disponga de resultados fiables que garanticen el cumplimiento de los criterios de conformidad, la remesa deberá almacenarse en condiciones adecuadas, de acuerdo con lo establecido en el artículo 7, con el fin de evitar su contaminación y deterioro. Para la conformidad de los cementos sometidos a contra-ensayos, los criterios a emplear serán los fijados en el apartado 6.2.2.3.2.

A la vista de los resultados de los contra-ensayos, el Responsable de la recepción levantará acta de la decisión definitiva, en la que expondrá su justificación, pudiendo valorar la conveniencia de realizar una nueva tanda de ensayos, si el suministrador lo solicitase en caso de haber obtenido resultados contradictorios y si la ausencia de consecuencias en el retraso en la recepción lo posibilitara.

En caso de rechazo definitivo, el Responsable de la recepción, seguirá el procedimiento de comunicación establecido a continuación: En el caso de cementos sujetos al marcado CE, el Responsable de la recepción enviará un escrito adjuntando copia de dicha acta de rechazo a las autoridades competentes en el control de productos industriales (vigilancia de mercado) (artículo 14 de la Ley 21/1992 de Industria) con copia a la Comisión Interministerial para los Productos de Construcción (CIPC) a fin de poder iniciar el trámite establecido en el artículo 8 del Real Decreto 1630/1993, de 29 de diciembre, que transpone la Directiva 89/106/CEE sobre Productos de Construcción.

En el caso de cementos no sujetos al marcado CE, el Responsable de la recepción enviará un escrito, adjuntando copia del acta de rechazo, a las autoridades competentes en materia de control de productos industriales (vigilancia de mercado) (artículo 14 de la Ley 21/1992, de Industria).

Adicionalmente, si el cemento de la remesa estuviera en posesión de un distintivo de calidad de carácter voluntario oficialmente reconocido, se notificará dicha circunstancia al organismo certificador correspondiente y a la Autoridad que hubiera efectuado el reconocimiento. La Dirección facultativa de la obra o, en su caso, el Responsable de la recepción, deberá registrar, archivar y custodiar copia de este acta junto con el resto de los documentos citados anteriormente.

Áridos, según Art. 85.2.:

- caso de disponer del marcado CE con un sistema de evaluación de la conformidad 2+, su idoneidad se comprobará mediante la verificación documental de que los valores declarados en los documentos que acompañan al citado marcado CE permiten deducir el cumplimiento de las especificaciones contempladas en el proyecto y en el artículo 28.
- En el caso de áridos de autoconsumo, el Constructor o, en su caso, el Suministrador de hormigón o de los elementos prefabricados, deberá aportar un certificado de ensayo, con antigüedad inferior a tres meses, realizado por un laboratorio de control que demuestre la conformidad del árido respecto a las especificaciones contempladas equivalente que el exigido para los áridos con marcado CE en la norma UNE EN 12620.

Aditivos, según Art. 85.3.:

- si disponen de marcado CE, se comprobará mediante la verificación documental de que los valores declarados en los documentos que acompañan al citado marcado CE permiten deducir el cumplimiento de las especificaciones contempladas en el proyecto y en el artículo 29.
- En el caso de aditivos que, por no estar incluidos en las normas armonizadas, no dispongan de marcado CE, el Constructor o, en su caso, el Suministrador de hormigón o de los elementos prefabricados, deberá aportar un certificado de ensayo, con antigüedad inferior a seis meses, realizado por un laboratorio de control que demuestre la conformidad del aditivo a las especificaciones contempladas en el proyecto y en el artículo 29, con un nivel de garantía estadística equivalente que el exigido para los aditivos con marcado CE en la norma UNE EN 934-2.

Adiciones, según Art. 85.4.: la conformidad de las adiciones que dispongan de marcado CE, se comprobará mediante la verificación documental de que los valores declarados en los documentos que acompañan al citado marcado CE permiten deducir el cumplimiento de las especificaciones contempladas en el proyecto y en el artículo 30 de esta Instrucción.

Agua, según Art. 85.5.: se podrá eximir de la realización de los ensayos cuando se utilice agua potable de red de suministro. En otros casos, el Responsable de la recepción de la instalación de prefabricación, dispondrá la realización de los correspondientes ensayos en un laboratorio, que permitan comprobar el cumplimiento de las especificaciones del artículo 27 con una periodicidad semestral.

Pregunta: ¿Qué nivel de intervención de control nos compete como receptores de las materias primas para la fabricación del hormigón destinado a productos prefabricados?

Respuesta: El Art. 85 de la EHE-08 discierne claramente entre si el material dispone de marcado CE (comprobación documental) o no (deben acometerse ensayos). Esto ya viene reflejado en la Norma UNE-EN 13369 (norma de referencia de las normas de productos prefabricados de hormigón estructurales que contienen los requisitos a cumplir para obtener el marcado CE), en su Tabla D.2. "Inspección de materiales".

A este respecto, el "Grupo de Trabajo para la discusión de aspectos técnicos y normativos de los Prefabricados de Hormigón estructurales", formado por los Organismos Notificados españoles, el Ministerio de Industria, AECCTI y la secretaría de este grupo, desempeñada por ANDECE, ha desarrollado un documento sobre "Interpretación de las tablas de inspección de la Norma UNE-EN 13369 (adaptada a la EHE-08)", para facilitar entre otros aspectos el tratamiento de los materiales en cumplimiento de la normativa vigente.

Puede descargarse este documento en el apartado de "Marcado CE. Documentación de ayuda" de la sección de "Calidad y Normativa" de la web de ANDECE:

http://www.andece.org/images/stories/Alex/inspecciones_une_en_13369.pdf

Artículo 86. Control del hormigón

86.9. Control del hormigón para la fabricación de elementos prefabricados

Esta modalidad de control es de aplicación general a los hormigones de autoconsumo fabricados en centrales fijas ubicadas en instalaciones destinadas a la fabricación industrial de elementos prefabricados estructurales.

- De aplicación obligatoria para productos prefabricados sin marcado CE.
- De aplicación voluntaria para productos prefabricados con marcado CE, a fin de poder emplear un coeficiente de seguridad del hormigón de 1,5.

Son de aplicación los criterios específicos establecidos para los materiales en el artículo 85 y los ensayos indicados en el apartado 86.3.

El control descrito en los apartados siguientes deberá ser realizado por el fabricante de los elementos en su propia planta, pudiendo la Dirección Facultativa disponer la comprobación de la conformidad de dicho control, de acuerdo con lo indicado en el artículo 91.

86.9.1 Control de la conformidad en la docilidad del hormigón

Los ensayos de consistencia del hormigón fresco se realizarán, de acuerdo con lo indicado en el apartado 86.3.1, cuando se fabriquen probetas para controlar la resistencia, por el método de asentamiento según la Norma UNE-EN 12350-2.

Comentario Art. 31.5.: en el caso de hormigones de consistencia seca, el ensayo del cono de Abrams es menos adecuado, pudiendo emplearse en su lugar el ensayo de Vebe, de acuerdo con UNE-EN 12350-3.

En el caso de hormigones autocompactantes, la conformidad del hormigón en relación con su docilidad se determinará de acuerdo con lo establecido en el Anejo 17:

- de fluidez, mediante ensayos de escurrimiento según UNE 83.361 o de ensayos de escurrimiento en embudo en V, según UNE 83.364.
- de resistencia al bloqueo, mediante ensayos del escurrimiento con anillo J, según UNE 83.362 y mediante ensayos de la caja en L, según UNE 83.363.
- y de resistencia a la segregación. Si bien no existen ensayos normalizados para evaluar la resistencia a la segregación, la misma se puede apreciar a partir del comportamiento del material en los ensayos de escurrimiento y embudo en V.

Art. 31.5. Docilidad del hormigón

La docilidad del hormigón será la necesaria para que, con los métodos previstos de puesta en obra y compactación, el hormigón rodee las armaduras sin solución de continuidad con los recubrimientos exigibles y rellene completamente los encofrados sin que se produzcan coqueras.

Las distintas consistencias y los valores límite del asentamiento del cono, serán los siguientes:

Tipo de consistencia	Asentamiento (cm)	Tolerancia (cm)	Intervalo resultante (cm)
Seca (S)	0-2	0	0-2
Plástica (P)	3-5	±1	2-6
Blanda (B)	6-9	±1	5-10
Fluida (F)	10-15	±2	8-17
Liquida (L)	16-20	±2	14-22

Salvo en aplicaciones específicas que así lo requieran, se evitará el empleo de las consistencias seca y plástica. No podrá emplearse la consistencia líquida, salvo que se consiga mediante el empleo de aditivos superplastificantes. En todo caso, la consistencia del hormigón que se utilice será la especificada en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, definiendo aquella por su tipo o por el valor numérico de su asentamiento en cm.

Cuando el valor obtenido esté dentro de las tolerancias (marcadas en la tabla 86.5.2.1.) se aceptará. La desviación de estos criterios implicará la evaluación y su justificación.

86.9.2. Control estadístico de la resistencia

Para el control de la resistencia, de acuerdo al Artículo 91.5.3.2. se considera como lote el conjunto del mismo tipo de hormigón con el que se ha fabricado la totalidad de elementos prefabricados de una misma tipología, siempre que no hayan sido fabricados en un período de tiempo superior a un mes.

Art. 91.5.3.2. Lotes para la comprobación de la conformidad de los elementos prefabricados

En el caso de elementos normalizados prefabricados en serie, se define como lote la cantidad de elementos de la misma tipología, que forma parte de la misma remesa y procedentes del mismo fabricante, siempre que sus fechas de fabricación no difieran más de tres meses.

En el caso elementos prefabricados específicamente para la obra según un proyecto concreto, se define como lote la totalidad de los elementos de la misma remesa y procedentes del mismo fabricante.

Todas las amasadas del mismo lote estarán elaboradas con los mismos materiales componentes y tendrán la misma dosificación nominal, no permitiéndose mezclar en el mismo lote elementos pertenecientes a distintas columnas de la tabla 86.9.2.

El control estadístico de la resistencia deberá obtenerse a partir de los resultados de los ensayos acumulados del mismo tipo de hormigón en la misma planta durante un mes, con independencia de que los elementos prefabricados con las amasadas de ese lote pertenezcan a más de una obra.

Tabla 86.9.2 Límites máximos de los lotes de control de la resistencia para hormigones empleados en la fabricación de elementos prefabricados

Límites máximos	Pretensado	Armado
Periodo de fabricación	mensual	mensual
Frecuencia de ensayo (hasta 300 m3 por tipo) *	diaria	diaria
Nº de ensayos mínimos	16	16

* En producciones superiores a 300 m3 por tipo y día, se incrementará en una amasada diaria más a ensayar.

86.9.2.1. Realización de los ensayos

El proyecto o, en su caso, el Prefabricador identificará la resistencia característica que debe cumplir cada tipo de hormigón que utilice en la realización de los elementos prefabricados estructurales que fabrique.

La conformidad de la resistencia del hormigón de cada lote se comprobará determinando la misma en todas las amasadas sometidas a control a partir de sus resultados, mediante la aplicación de los criterios de conformidad establecidos en 86.9.2

Las tomas de muestras se realizarán aleatoriamente entre las amasadas del mismo tipo de hormigón dentro del período considerado.

Se realizará un control de contraste externo de la resistencia del hormigón con una frecuencia nunca inferior a 2 determinaciones al mes para el total de la producción, procurando un muestreo equitativo de los hormigones.

86.9.2.2. Criterios de aceptación o rechazo de la resistencia del hormigón

El criterio de aceptación de la resistencia del hormigón fabricado en central y destinado a elementos prefabricados estructurales se define según la expresión siguiente:

donde:

x Valor medio de los resultados obtenidos en las N amasadas ensayadas,

σ Valor de la desviación típica correspondiente a la producción del tipo de hormigón suministrado en N/mm2, obtenida a partir de los 35 últimos resultados:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})^2}$$

f_{ck} Valor de la resistencia característica especificada por el fabricante para el tipo de hormigón utilizado.

En casos excepcionales, cuando no exista producción continua de un tipo de hormigón, dando lugar a que las tomas mensuales sean inferiores a las 16 establecidas para el lote en la tabla 86.9.2, se estimarán los lotes con periodicidad semanal mediante la fórmula siguiente:

donde:

x Valor medio de los resultados obtenidos en la N amasadas ensayadas,

K_2 Valor del coeficiente reflejado en la tabla *86.9.2.3.* según el número de amasadas N,

r_n Valor del recorrido muestral definido como: $r_n = x_N - x_1$

f_{ck} Valor de la resistencia característica especificada por el fabricante para el tipo de hormigón utilizado.

Coeficiente	**Número de amasadas ensayadas**				
	2	3	4	5	6
K_2	1,66	1,02	0,82	0,73	0,66

86.9.2.3. Decisiones derivadas del control de la resistencia del hormigón

En el caso de producirse un no conformidad del hormigón el Prefabricador deberá comunicarlo a las correspondientes Direcciones Facultativas, que valorarán la oportunidad de aplicar los criterios establecidos para el hormigón fabricado en central, de acuerdo con 86.7.3.

Art. 86.3.2. Ensayos de resistencia del hormigón

La resistencia del hormigón se comprobará mediante ensayos de resistencia a compresión efectuados sobre probetas fabricadas y curadas según UNE-EN 12390-2.

Todos los métodos de cálculo y las especificaciones de esta Instrucción se refieren a características del hormigón endurecido obtenidas mediante ensayos sobre probetas cilíndricas de 15x30cm. No obstante, para la determinación de la resistencia a compresión, podrán emplearse también:

- probetas cúbicas de 15 cm de arista, o
- probetas cúbicas de 10 cm de arista, en el caso de hormigones con $f_{ck} \geq$ 50 N/mm2 y siempre que el tamaño máximo del árido sea inferior a 12 mm.

en cuyo caso los resultados deberán afectarse del correspondiente factor de conversión, de acuerdo con:

$$f_c = \lambda_{cil,cub15} \cdot f_{c,cúbica}$$

donde:

f_c Resistencia a compresión (a 28 días), en N/mm2, referida a probeta cilíndrica de 15x30cm.
$f_{c,cúbica}$ Resistencia a compresión (a 28 días), en N/mm2, obtenida a partir de ensayos realizados en probetas cúbicas de 15cm de arista.
$\lambda_{cil,cub15}$ Coeficiente de conversión, obtenido de la Tabla 86.3.2.a.

Resistencia en probeta cúbica $f_{c,cúbica}$ (N/mm2)	$\lambda_{cil,cub15}$
$f_{c,cúbica} < 60$	0,90
$60 \leq f_{c,cúbica} < 80$	0,95
$80 \leq f_{c,cúbica}$	1,00

Pregunta: Soy fabricante de varios productos prefabricados de hormigón estructurales, todos ellos con marcado CE. ¿Qué procedimiento debo seguir que me permita emplear el valor 1,5 como coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón, en lugar de 1,7?

Respuesta: El grupo de trabajo de Organismos Notificados, Ministerio de Industria y ANDECE ha desarrollado un documento que establece, en cumplimiento de lo dispuesto en el Art. 86.9. de la EHE-08, el procedimiento a seguir por el fabricante de elementos prefabricados de hormigón estructurales que disponga de marcado CE obligatorio y que voluntariamente quiera certificar que fabrica el hormigón conforme a la EHE-08, y al Organismo externo acreditado poder comprobarlo, de forma que éste pueda emitir el correspondiente certificado que avale que el fabricante sigue dicho control y, en definitiva, que el fabricante está en condiciones legales de aplicar un valor de 1,50 como coeficiente parcial de seguridad del hormigón en el proyecto estructural de cálculo de los elementos prefabricados. Dicho documento se encuentra alojado en la Sección de la web: Calidad y Normativa / EHE / Documentación de ayuda:

http://www.andece.org/index.php/calidad-y-normativa/ehe/documentacion-de-ayuda

Pregunta: ¿Qué niveles de control del hormigón contempla la Normativa vigente?

Respuesta: Como ya se ha visto, el tipo de control del hormigón es condición necesaria (pero no suficiente) para la determinación del coeficiente de seguridad a emplear. La siguiente tabla presenta la frecuencia de muestreo (número de tomas por volumen de hormigón) y las expresiones estadísticas que se deben tomar para comprobar la conformidad.

<table>
<tr><th></th><th>UNE-EN 206-1:2008 – Art. 8.2.1.2.</th><th colspan="2">EHE-08 – Art. 86.9.2.</th><th colspan="2">D.O.R. (EHE-08) – Art. 5.3. Anejo 19</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Frecuencia mínima de muestreo</td><td rowspan="3">Inicial: hasta que se obtengan al menos 35 resultados de ensayo:

- Primeros 50 m3 de fabricación: 3 muestras
- Posteriormente: 1 muestra cada 200 m3 ó 2 muestras cada semana de producción.

Continua: cuando se dispone de al menos 35 resultados de ensayo:

- 1 muestra cada 300 m3 ó 1 muestra cada semana de producción.</td><td rowspan="2">Control interno</td><td>Producción continua: periodo de fabricación mensual; número de ensayos mínimo: 16

- 1 toma diaria (para HA o HP) hasta 300 m3 por tipo de hormigón
- 2 tomas diarias (para HA o HP) para más de 300 m3 por tipo de hormigón</td><td rowspan="2">Control interno</td><td rowspan="2">Mínimo una determinación diaria de la resistencia del hormigón para cada tipo de hormigón producido en el día.</td></tr>
<tr><td>Producción discontinua: periodo de fabricación semanal; número de ensayos: entre 2 y 6</td></tr>
<tr><td>Control externo</td><td>≥ 2 determinaciones al mes para el total de la producción (procurando un muestreo equitativo de los hormigones)</td><td>Control externo</td><td>≥ 2 determinaciones al mes por cada designación de hormigón fabricado con un volumen de fabricación mensual superior a 200 m3.
≥ 1 determinación al mes por cada designación de hormigón fabricado con un volumen de fabricación mensual inferior a 200 m3.</td></tr>
<tr><td>Criterios de conformidad</td><td>Inicial: 3 resultados de ensayo

$f_{ck} \leq f_{cm} - r_m$

Continua: n ≥ 15 resultados de ensayo

$f_{ck} \leq f_{cm} - 1{,}48 \cdot \sigma$

Condiciones

desviación típica de los 15 últimos resultados de ensayo < 1,37· σ (si no cumple, pasar a frecuencia de tomas inicial)
Cuando se fabriquen dos o más probetas procedentes de una muestra y el recorrido relativo de los valores de ensayo exceda el 15 % o el 20 % respectivamente, los resultados de ensayo deberán ser eliminados.</td><td colspan="2">Producción continua: $f_{ck} \leq f_{cm} - 1{,}645 \cdot \sigma$

Producción discontinua: $f_{ck} \leq f_{cm} - K_2 \cdot r_n$</td><td colspan="2">Producción continua: $f_{ck} \leq f_{cm} - 1{,}645 \cdot \sigma$
Producción discontinua: $f_{ck} \leq f_{cm} - K_2 \cdot r_n$

Condiciones: Los valores de las resistencias obtenidas en el control de producción deben presentar una dispersión acotada, de forma que en cada caso los valores de la desviación típica σ de la población y de su coeficiente de variación δ, sean simultáneamente inferiores a los valores de la siguiente tabla:
<table>
<tr><th>Resistencia del hormigón fck (N/mm2)</th><th>σ (N/mm2)</th><th>δ</th></tr>
<tr><td>20</td><td>3,0</td><td>0,115</td></tr>
<tr><td>25</td><td>3,6</td><td>0,110</td></tr>
<tr><td>30</td><td>4,2</td><td>0,110</td></tr>
<tr><td>35</td><td>4,9</td><td>0,110</td></tr>
<tr><td>40</td><td>5,5</td><td>0,108</td></tr>
<tr><td>45</td><td>6,0</td><td>0,105</td></tr>
<tr><td>50</td><td>6,5</td><td>0,103</td></tr>
<tr><td>60</td><td>7,3</td><td>0,098</td></tr>
<tr><td>70</td><td>8,1</td><td>0,094</td></tr>
<tr><td>80</td><td>8,7</td><td>0,089</td></tr>
<tr><td>90</td><td>9,2</td><td>0,085</td></tr>
<tr><td>100</td><td>9,6</td><td>0,080</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

Según el Artículo 91.1., la EHE-08 presenta tres niveles de garantía para los productos prefabricados de hormigón estructurales, que llevan asociadas tres "parejas" distintas de coeficientes de seguridad, según se indica en la tabla siguiente (ver el resto de requisitos en Art. 15.3.):

	Hormigón γ_c	***Acero*** γ_s
Control según UNE-EN 206-1:2008 (Elementos prefabricados con marcado CE)	*1,70*	*1,15*
Control según Art.86.9. EHE-08 (obligatorio para productos sin marcado CE y voluntario para productos con marcado CE (necesaria certificación externa))	*1,50*	*1,15*
Elemento prefabricado certificado con D.O.R. (+cumplimiento de otros requisitos, según Art.15.3.)	*1,35*	*1,10*

Pregunta: Estoy fabricando un HA55 y hago probetas cúbicas. Según la EHE veo que si obtengo 60 Mpa en cúbica son 54 MPa (factor conversión 0,9), pero si obtengo 60,1 son 57 MPa (factor conversión 0,95). No es lógico un salto así. Pienso que debería haber una conversión más lineal y no puntual, pues en ciertos casos es problemático.Por otra parte, estoy rompiendo cientos de probetas que me dan entre 50 y 60 y observo en todas un valor mayor en las cilíndricas que en las cubicas aplicando el factor 0,9. La diferencia ronda los 4-5 MPa. No sé si tendrás comentarios similares, pero entiendo que las cúbicas están penalizando.

Respuesta: A tu consulta, estoy de acuerdo en que los factores de conversión no respondan a una función lineal y sean valores exactos con lo que en los límites definidos (60 y 80 MPa) se puedan producir estas diferencias apreciables según si estás a un lado u otro.

No obstante el "Procedimiento de control del hormigón para prefabricados según EHE-08" indica que la aplicación del coeficiente de conversión es por característica tipificada. ¿Qué quiere decir esto? Supongamos que tú tienes un hormigón designado como HP60. Los resultados de las roturas de tus probetas cúbicas son los siguientes:

	Valor (MPa)	*Valor equivalente probeta cilíndrica* $\lambda_{cil,cub15}$ ***(fck = 60) = 0,95***
1	*62,5*	*59,38*
2	*61*	*57,95*
3	*64*	*60,80*
4	*59*	*56,05*
5	*62*	*58,90*
6	*61*	*57,95*
…	*…*	

El cuarto valor es 59 MPa. Si no indicásemos el comentario referido, se le aplicaría un coeficiente de conversión de 0,90, en lugar del 0,95, con lo que el resultado equivalente de la probeta cilíndrica sería mucho más negativo (53,10 en lugar de 56,05). Si aplicásemos el valor de 53,10 MPa, la desviación típica aumentaría de forma desproporcionada (cuando en realidad la resistencia ha sido solamente 1 MPa inferior a la que tu declaras), con lo que al aplicar la fórmula final tu riesgo de no cumplir que: $f(\tilde{x}) = \tilde{x} - 1{,}645 \cdot \sigma \geq f_{ck}$ *sería mayor.*

Sabemos que para determinar estos factores, se llevaron a cabo un número altísimo de ensayos, en los que participaron hasta 13 Comunidades Autónomas.

Si bien el romper probetas cúbicas en vez de cilíndricas supone evitar una cantidad importante de residuo de hormigón a la larga, hay que advertir que la probeta cúbica es técnicamente peor (por lo general, tendrá mayor probabilidad de obtener un resultado peor del fc) debido a una mayor presencia de agua que queda bajo los áridos, pero es recomendable analizar debidamente la viabilidad del paso de romper probetas cilíndricas a probetas cúbicas.

Artículo 87. Control del acero para armaduras pasivas

1. Cuando tengan marcado CE: comprobación documental de que los valores declarados en los documentos que acompañan al citado marcado CE permiten deducir el cumplimiento de las especificaciones contempladas en el proyecto y en el artículo 32.

2. Mientras no tengan marcado CE: deberán ser conformes con esta Instrucción, así como con la Norma UNE-EN 10080. Dos vías posibles para demostración de dicha conformidad:

- Mediante la posesión de un D.O.R.: simple comprobación de que el reconocimiento oficial del D.O.R. está en vigor (*no se admiten marcas de calidad previas que no hayan sido reconocidas conforme a lo establecido en el Anejo 19 de la EHE-08).*

- En caso de no disponer de D.O.R. el receptor (prefabricador) debe proceder a la realización de ensayos de comprobación durante la recepción, según la cantidad de acero suministrado:

  - Suministros de menos de 300 Tn.: división del suministro en lotes correspondientes cada uno a un mismo suministrador, fabricante, designación y serie, siendo su cantidad máxima de 40 toneladas. Para cada lote, se tomarán dos probetas sobre las que se efectuarán los siguientes ensayos:

    - Comprobación sección equivalente (según 32.1.)
    - Comprobación de características geométricas o índice de corruga (según 32.2.)
    - Ensayo de doblado/desdoblado ó ensayo de doblado simple (según 32.2.)
    - Además, se comprobará, al menos en una probeta de cada diámetro, tipo de acero empleado y fabricante, que el límite elástico, la carga de rotura, la

relación entre ambos, el alargamiento de rotura y el alargamiento bajo carga máxima, cumplen las especificaciones del Art. 32.

- Suministros iguales o superiores a 300 Tn.: El proveedor puede facilitar un certificado de trazabilidad en el que se declaren los fabricantes y coladas correspondientes a cada parte del suministro. Facilitará una copia del certificado del control de producción del fabricante en el que se recojan los resultados de los ensayos mecánicos y químicos obtenidos para cada colada. (…) Comprobadas la trazabilidad de las coladas y su conformidad respecto a las características químicas, el prefabricador procederá a la división en lotes, correspondientes a cada colada, serie y fabricante *(sea de la cantidad que sea)*, cuyo número no podrá ser en ningún caso inferior a 15. Para cada lote, se tomarán dos probetas sobre las que se efectuarán los siguientes ensayos:

    - Comprobación sección equivalente (según 32.1.)
    - Comprobación de características geométricas o índice de corruga (según 32.2.)
    - Ensayo de doblado/desdoblado ó ensayo de doblado simple (según 32.2.)
    - Comprobar que el límite elástico, la carga de rotura, la relación entre ambos y alargamiento en rotura cumplen las especificaciones de esta Instrucción.

Criterio de aceptación/rechazo lotes: Se aceptará el lote en el caso de no detectarse ningún incumplimiento de las especificaciones indicadas en el artículo 32 en los ensayos o comprobaciones citadas en este punto. En caso contrario, si únicamente se detectaran no conformidades sobre una única muestra,, se tomará un serie adicional de cinco probetas correspondientes al mismo lote, sobre las se realizará una nueva serie de ensayos o comprobaciones en relación con las propiedades sobre la que se haya detectado la no conformidad. En el caso de aparecer algún nuevo incumplimiento, se procederá a rechazar el lote.

En el caso de estructuras sometidas a fatiga, el comportamiento de los productos de acero podrá demostrarse mediante la presentación de un informe de ensayos que garanticen las exigencias del apartado 38.10, con una antigüedad no superior a un año y realizado por un laboratorio acreditado según 78.2.2.1.

En el caso de estructuras situadas en zona sísmica, el comportamiento frente a cargas cíclicas con deformaciones alternativas podrá demostrarse, salvo indicación contraria de la Dirección Facultativa, mediante la presentación de un informe de ensayos que garanticen las exigencias al respecto del Art. 32, con una antigüedad no superior a un año y realizado por un laboratorio acreditado según 78.2.2.1.

Artículo 88. Control de las armaduras pasivas

1. Cuando tengan marcado CE: comprobación documental de que los valores declarados en los documentos que acompañan al citado marcado CE permiten deducir el cumplimiento de las especificaciones contempladas en el proyecto y en el artículo 33.

2. Mientras no tengan marcado CE:

- Mediante la posesión de un D.O.R.: simple comprobación de que el reconocimiento oficial del D.O.R. está en vigor (*no se admiten marcas de calidad previas que no hayan sido reconocidas conforme a lo establecido en el Anejo 19 de la EHE-08).*

- En caso de no disponer de D.O.R. el receptor (prefabricador) debe proceder a la realización de ensayos de comprobación:

    - Comprobación de la geometría por sobre cada cuatro elementos por lote (según los definidos en el Art.87), según Art. 88.3.3.: dimensiones longitudinales, diámetros reales de doblado y alineaciones geométricas.
    - Comprobacion de las características mecánicas de las armaduras, según Art. 88.3.1.: ensayo de tracción y doblado-desdoblado.
    - Comprobacion de las características de adherencia de las armaduras, según Art. 88.3.2.
    - Realizar dos ensayos por lote para comprobar la conformidad respecto a la carga de despegue a la que hacen referencia los apartados 33.1.1. y 33.1.2

(…)

Artículo 89. Control del acero para armaduras activas

1. Cuando tengan marcado CE: comprobación documental de que los valores declarados en los documentos que acompañan al citado marcado CE permiten deducir el cumplimiento de las especificaciones contempladas en el proyecto y en el artículo 34.

2. Mientras no tengan marcado CE:

- Mediante la posesión de un D.O.R.: (*no se admiten marcas de calidad previas que no hayan sido reconocidas conforme a lo establecido en el Anejo 19 de la EHE-08).* El fabricante de prefabricados (receptor del acero) debe comprobar que:
    - sigue en vigor la concesión al producto del distintivo de calidad por parte del organismo certificador, y
    - sigue en vigor el reconocimiento oficial del distintivo.
- En caso de no disponer de D.O.R. el receptor (prefabricador) debe proceder a la realización de ensayos de comprobación durante la recepción, según la cantidad de acero suministrado:
    - Suministros de menos de 100 Tn.: división del suministro en lotes correspondientes cada uno a un mismo suministrador, designación y serie, siendo su cantidad máxima de 40 toneladas. Para cada lote, se tomarán dos probetas sobre las que se efectuarán los siguientes ensayos:
        - Comprobación sección equivalente (según 34.)
        - Además, se comprobará, como mínimo y al menos en dos ocasiones durante la realización de la obra, el límite elástico, carga de rotura y alargamiento bajo carga máxima *(¿aplicable para productos prefabricados?)*
    - Suministros iguales o superiores a 100 Tn.:
        - El prefabricador facilitará un certificado de trazabilidad en el que se declaren los fabricantes y coladas correspondientes a cada parte del suministro.
        - Comprobación sección equivalente (según 34.)
        - Además, se comprobará, como mínimo y al menos en dos ocasiones durante la realización de la obra, el límite elástico, carga de rotura y alargamiento bajo carga máxima *(¿aplicable para productos prefabricados?)*

** En este caso, debe quedar suficientemente claro que el lote corresponde a cada colada realizada por el fabricante (sea de la cantidad que sea) y no permite dividir el suministro en un número de lotes en función de un valor de peso determinado, como sí ocurre en el caso de un envío de menos de 100 Tn.*

Artículo 91. Control de los elementos prefabricados

91.1. Criterios generales para el control de la conformidad de los elementos prefabricados

La conformidad de los elementos prefabricados con lo establecido en el proyecto se comprobará durante su recepción en obra (...)

En el caso de elementos prefabricados que dispongan del marcado CE, su conformidad podrá ser suficientemente comprobada, mediante la verificación de que las categorías o valores declarados en la documentación que acompaña al citado marcado CE, permiten deducir el cumplimiento de las especificaciones del proyecto.

(…) A los efectos de su control, la prefabricación de elementos estructurales de hormigón incluye, al menos, los siguientes procesos:

- elaboración de las armaduras,
- armado de la ferralla,
- montaje de la armadura pasiva,
- operaciones de pretensado, en su caso,
- fabricación del hormigón, y
- vertido, compactación y curado del hormigón.

El control de recepción de los elementos prefabricados podrá incluir comprobaciones tanto sobre los procesos de prefabricación, como sobre los productos empleados (hormigón, armaduras elaboradas y acero de pretensado), así como sobre la geometría final del elemento.

El control de recepción debe efectuarse tanto (…) a los elementos normalizados y prefabricados en serie, como aquéllos que sean prefabricados específicamente para una obra, de acuerdo con un proyecto concreto.

El Suministrador o, en su caso, el Constructor, deberá incluir en su sistema de control de producción un sistema para el seguimiento de cada uno de los procesos aplicados durante su actividad, y definirá unos criterios de comprobación que permitan verificar a la Dirección Facultativa que los citados procesos se desarrollan según lo establecido en esta Instrucción. Para ello, reflejará en los correspondientes registros de autocontrol los resultados de todas las comprobaciones realizadas para cada una de las actividades que le sean de aplicación, de entre las contempladas por esta Instrucción.

La Dirección Facultativa podrá requerir del Suministrador o, en su caso, del Constructor, las evidencias documentales sobre cualquiera de los procesos relacionados con la prefabricación que se contemplan en esta Instrucción y, en particular, la información que demuestre la existencia de un control de producción, que incluya todas las características especificadas por esta Instrucción y cuyos resultados deberán estar registrados en documentos de autocontrol.

Además podrá efectuar, cuando proceda, las oportunas inspecciones en las propias instalaciones de prefabricación y, en su caso, las tomas de muestras para su posterior ensayo.

91.2. Toma de muestras

En el caso de que así lo decidiera la Dirección Facultativa, ésta efectuará, a través de una entidad de control de calidad, la toma de muestras en la propia instalación donde se esté prefabricando el elemento sobre las remesas destinadas a la obra. En el caso de elementos normalizados y prefabricados en serie, la toma de muestras se efectuará sobre materiales, productos y elementos como los de las partidas suministradas a la obra. Sólo en casos excepcionales, la Dirección Facultativa efectuará la toma de muestras en la propia obra. (…)

91.3. Realización de los ensayos

- Comprobación de la conformidad de los procesos de prefabricación, según 91.3.1.
- Comprobación de la conformidad de los productos empleados, según 91.3.2.
- Comprobación de la conformidad de la geometría de los elementos prefabricados, según 91.3.3.
- Comprobación de la conformidad del recubrimiento de la armadura, según 91.3.4.
- Otros ensayos, según 91.3.5.

91.4. Control previo al suministro

Tiene por objeto verificar la conformidad de las condiciones administrativas, así como de las instalaciones de prefabricación, mediante las correspondientes inspecciones y comprobaciones de carácter documental.

Comprobación documental, según 91.4.1.

NOTA: Véase la "Ficha de Control Documental".

http://www.andece.org/index.php/calidad-y-normativa/control-documental

Comprobación de las instalaciones, según 91.4.2.

Comentario Art. 91.4.2.: La inspección de las instalaciones es recomendable siempre que los elementos prefabricados no estén en posesión de un D.O.R.

91.5. Control durante el suministro

- Comprobación documental, según 91.5.1.
- Comprobación de la conformidad de los materiales empleados, según 91.5.2.
- Comprobaciones experimentales, según 91.5.3.: caso de disponer de marcado CE, se puede eximir.

- Comprobación experimental de los procesos de prefabricación, según 91.5.3.3.: esta comprobación se efectuará, al menos, una vez durante la obra y comprenderá tanto la revisión del control de producción del Prefabricador como la realización de comprobaciones específicas sobre cada proceso, llevadas a cabo por una entidad de control de calidad. En el caso de elementos normalizados prefabricados en serie, la Dirección Facultativa podrá limitar esta comprobación a la revisión del control de producción, que deberá efectuarse sobre los registros de autocontrol correspondientes al período de tiempo durante el que se hayan fabricado los elementos suministrados a la obra.

    - Proceso de elaboración de las armaduras pasivas.
    - Proceso de montaje de las armaduras pasivas.
    - Proceso de aplicación del pretensado.
    - Procesos de fabricación del hormigón, vertido, compactación y curado:

En el caso de que el hormigón sea fabricado por el Prefabricador, sus procesos de fabricación deberán cumplir los mismos criterios técnicos que los exigidos para las centrales de hormigón por esta Instrucción salvo en los requisitos referentes al transporte. Además, su vertido, compactación y curado deberán ser conformes con los criterios establecidos, con carácter general, por esta Instrucción.

Art. 71. Elaboración (…) del hormigón

71.1. Prescripciones generales y 71.2. Instalaciones de fabricación del hormigón

El hormigón estructural requiere estar fabricado en centrales con instalaciones para:

el almacenamiento de los materiales componentes: garantizar que se evite todo tipo de entremezclado, contaminación, deterioro o cualquier otra alteración significativa en sus características. Ver 71.2.2. "Sistemas de gestión de acopios".
la dosificación de los mismos. Ver 71.2.3. "Instalaciones de dosificación".
el amasado: conseguir su mezcla íntima y homogénea. Ver 71.2.4. "Equipos de amasado"

Tabla 71.2.4. "Comprobación de la homogeneidad del hormigón": Deberán obtenerse resultados satisfactorios en los dos ensayos del grupo A (Consistencia y resistencia) y en al menos dos de los cuatro del grupo B (densidad del hormigón, contenido de aire, contenido de árido grueso y módulo granulométrico del árido).

Control de producción, según 71.2.5.

71.3. Fabricación del hormigón

71.3.1. Suministro y almacenamiento de materiales componentes

- Áridos, según 71.3.1.1.
- Cemento, según 71.3.1.2.
- Adiciones, según 71.3.1.3.
- Aditivos, según 71.3.1.4.

71.3.2. Dosificación de materiales componentes

71.3.2.1. Criterios generales

Se dosificará el hormigón considerando:

- Cantidad mínima de cemento por metro cúbico de hormigón según 37.3.2.
- Cantidad máxima de cemento por metro cúbico de hormigón será de 500 kg.
- Relación agua/cemento, según en 37.3.2.
- Resistencia mecánica
- Consistencia
- Tipo de ambiente
- Dosificación de los materiales:
    - Cemento, según 71.3.2.2.
    - Áridos, según 71.3.2.3.
    - Agua, según 71.3.2.4.
    - Adiciones, según 71.3.2.5.
    - Aditivos, según 71.3.2.6.

Comprobación experimental de la geometría de los elementos prefabricados, según 91.5.3.4.

- Caso de elementos prefabricados con marcado CE: comprobación de la documentación del marcado CE, ya que sus tolerancias deberán ser conformes con las indicadas en las correspondientes normas.
- Resto de los casos: se comprobará que las dimensiones geométricas de cada elemento presentan unas variaciones dimensionales respecto a las dimensiones nominales de proyecto, conformes con las tolerancias definidas en el Anejo 11. División en lotes según 91.5.3.2.

Capítulo XVII. Control de la ejecución

Artículo 92. Criterios generales para el control de la ejecución

El control de la ejecución tiene por objeto comprobar que los procesos realizados durante la construcción de la estructura, se organizan y desarrollan de forma que la Dirección Facultativa pueda asumir su conformidad respecto al proyecto, de acuerdo con lo indicado en esta Instrucción.

Se contemplan dos niveles de control de la ejecución: normal e intenso.

Pregunta: Según el Art. 15.3., la aplicación de los coeficientes reducidos (1,10 en el acero y 1,35 en el hormigón) no solo depende de que yo, como prefabricador, disponga de un D.O.R., sino que también se cumplan otras condiciones como es el caso de que el nivel de control de la ejecución sea intenso. ¿Cómo se garantiza que sea así?

Respuesta: Efectivamente, en los EPH con D.O.R. la aplicación de dichos coeficientes depende de que se cumplan para cada caso al menos dos condiciones:

Acero: 1,10	*Elemento Prefabricado con D.O.R.*	*Control de la ejecución de la estructura con nivel intenso y tolerancias de colocación de la armadura conformes con Anejo 11* + ó	*Acero para las armaduras pasivas esté en posesión de un D.O.R.*
Hormigón: 1,35		*Control de la ejecución de la estructura con nivel intenso y desviación de la geometría de la sección transversal conformes con Anejo 11*	

No obstante, los comentarios publicados posteriormente a la aprobación de la EHE-08 permiten al suministrador de los EPH con D.O.R. entregar en obra un plan de instrucciones que permitan controlar el montaje según un nivel intenso.

Para llevarlo a cabo, la Dirección Facultativa contemplará una división de la obra en lotes de ejecución, no será superior al indicado, en función del tipo de elemento, en la tabla 92.4.

Tipo de obra	*Elementos de cimentación*	*Elementos horizontales*	*Otros elementos*
Edificios	*– Zapatas, pilotes y encepados correspondientes a 250 m2 de superficie* *– 50 m de pantallas*	*– Vigas y Forjados correspondientes a 250 m2 de planta*	*– Vigas y pilares correspondientes a 500 m2 de superficie, sin rebasar las dos plantas* *– Muros de contención correspondientes a 50 ml, sin superar ocho puestas*
Puentes	*– Zapatas, pilotes y encepados correspondientes a 500 m2 de superficie, sin rebasar tres cimentaciones* *– 50 m de pantallas*	*– 500 m3 de tablero sin rebasar los 30 m lineales, ni un tramo o una dovela*	*- 200 m3 de pilas, sin rebasar los 10 m de longitud de pila,* *– dos estribos*
Chimeneas, torres, depósitos	*– Zapatas, pilotes y encepados correspondientes a 250 m2 de superficie* *– 50 m de pantallas*	*Elementos horizontales correspondientes a 250 m*	*Alzados correspondientes a 500 m2 de superficie o a 10 m de altura*

Para cada lote de ejecución, se identificará la totalidad de los procesos y actividades susceptibles de ser inspeccionadas, entiende por unidad de inspección la dimensión o tamaño máximo de un proceso o actividad comprobable, en general, en una visita de inspección a la obra. En función de los desarrollos de procesos y actividades previstos en el Plan de obra, en cada inspección a la obra de la Dirección Facultativa o de la entidad de control, podrá comprobarse un determinado número de unidades de inspección, las cuales, pueden corresponder a uno o más lotes de ejecución.

Para cada proceso o actividad, se definirán las unidades de inspección correspondientes cuya dimensión o tamaño será conforme al indicado en la Tabla 92.5.

Tabla 92.5. Unidades de inspección específicas de montaje de elementos prefabricados de hormigón

Unidades de ejecución	***Tamaño máximo de la unidad de inspección***
Uniones de los prefabricados	*- Uniones ejecutadas en la misma jornada,* *- Planta de forjado*

En el caso de obras de ingeniería de pequeña importancia, así como en obras de edificación sin especial complejidad estructural (formadas por vigas, pilares y forjados convencionales no pretensados, con luces de hasta 6,00 metros y un número de niveles de forjado no superior a siete), la Dirección Facultativa podrá optar por aumentar al doble los

tamaños máximos de la unidad de inspección indicados en la Tabla 92.5.

La Dirección Facultativa llevará a cabo el control de la ejecución, mediante:

la revisión del autocontrol del Constructor (instalador de los EPH) para cada unidad de inspección;
el control externo de la ejecución de cada lote de ejecución, mediante la realización de inspecciones puntuales de los procesos o actividades correspondientes a algunas de las unidades de inspección de cada lote.

Tabla 92.6. Unidades de inspección específicas de montaje de elementos prefabricados de hormigón

Procesos y actividades de ejecución	*Número mínimo de actividades controladas externamente por unidad de inspección según control intenso*	
	Autocontrol del constructor	*Control externo*
Uniones de los prefabricados	*5*	*2*

En el caso de un nivel de control normal, serían 3 y 1 uniones por unidad y lote, respectivamente.

NOTA: Al referirse al constructor, la interpretación es que se refiere al instalador de los elementos prefabricados (que puede diferir del constructor o contratista principal de la obra).

Artículo 96. Control de las operaciones de pretensado

(…) Aplicable para, entre otros, el caso de armaduras postesas:

- Control de la magnitud de la fuerza, según 70.3.
- Control de la ejecución de la inyección, según 96.2.

Artículo 99. Control del montaje y uniones de elementos prefabricados

Antes del inicio del montaje de los elementos prefabricados, la Dirección Facultativa efectuar las siguientes comprobaciones:

- los elementos prefabricados son conformes con las especificaciones del proyecto y se encuentran, en su caso, adecuadamente acopiados, sin presentar daños aparentes,
- se dispone de unos planos que definen suficientemente el proceso de montaje de los elementos prefabricados, así como las posibles medidas adicionales (arriostramientos provisionales, etc.)
- se dispone de un programa de ejecución que define con claridad la secuencia de montaje de los elementos prefabricados, y
- se dispone, en su caso, de los medios humanos y materiales requeridos para el montaje.

Durante el montaje, se comprobará que se cumple la totalidad de las indicaciones del proyecto. Se prestará especial atención al mantenimiento de las dimensiones y condiciones de ejecución de los apoyos, enlaces y uniones.

PARTE SEGUNDA Anejos

ANEJO	TÍTULO	RESPECTO EHE-98	CARÁCTER
1	Notación y unidades	Modificado (Anejo 1)	Reglamentario (define la obligatoriedad del Sistema Internacional de Medidas)
2	Relación de normas UNE	Modificado (Anejo 2)	Reglamentario (define qué versiones de las normas son obligatorias). Se puede actualizar
3	Prescripciones para la utilización del cemento de aluminato de calcio	No cambia (Anejo 4)	Reglamentario (así lo indica el art. 26)
4	Recomendaciones para la selección del tipo de cemento a emplear en hormigones estructurales	Modificado (Anejo 3)	No reglamentario (recomendaciones)
5	Método de ensayo para determinar la estabilidad de la inyección	No cambia (Anejo 6)	No reglamentario (se menciona sólo en comentarios)
6	Recomendaciones para la protección adicional contra el fuego de elementos estructurales	Modificado (Anejo 7)	No reglamentario (recomendaciones)
7	Cálculo simplificado de secciones en Estado Límite de Agotamiento frente a solicitaciones normales	Modificado (Anejo 8)	No reglamentario (opción de cálculo simplificado)
8	Análisis en situación de servicio de secciones y elementos estructurales sometidos a flexión simple adaptado a forjados	Modificado (Anejo 9)	No reglamentario
9	Consideraciones adicionales sobre durabilidad	Nuevo	Reglamentario (se menciona como alternativa al método simplificado del art. 37)
10	Requisitos especiales recomendados para estructuras sometidas a acciones sísmicas	Modificado (Anejo 12)	No reglamentario (recomendaciones)
11	Tolerancias	Modificado (Anejo 10)	No reglamentario (el proyecto puede definir otras tolerancias, pero puede indicar éstas)
12	Aspectos constructivos y de cálculo específicos de forjados unidireccionales con viguetas y losas alveolares prefabricadas	Nuevo	Reglamentario (se menciona en el art. 59.2)
13	Índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad	Nuevo	No reglamentario (es opcional)
14	Recomendaciones para la utilización de hormigón con fibras	Nuevo	No reglamentario (recomendaciones)
15	Recomendaciones para la utilización de hormigón reciclado	Nuevo	No reglamentario (recomendaciones)
16	Recomendaciones para la utilización de hormigón ligero	Nuevo	No reglamentario (recomendaciones)
17	Recomendaciones para la utilización de hormigón autocompactante	Nuevo	No reglamentario (recomendaciones)
18	Hormigones de uso no estructural	Nuevo	Reglamentario (así se menciona en el art. 31.4)
19	Niveles de garantía y requisitos para el reconocimiento oficial de los distintivos de calidad	Nuevo	Reglamentario (así se menciona en el art. 81)
20	Lista de comprobación para el control de proyecto	Nuevo	No reglamentario (el art. 82.2 indica que se incluye a título orientativo)
21	Documentos de suministro y control	Nuevo	Reglamentario (se menciona en el art. 79.3.1)
22	Ensayos previos y característicos del hormigón	Nuevo	Reglamentario (así se indica en el art. 86.4.2.)
23	Procedimiento de preparación por enderezado de muestras de acero procedentes de rollo, para su caracterización mecánica	Nuevo	Reglamentario (se menciona en el art. 32)
24	Recomendaciones relativas a elementos auxiliares de obra para la construcción de puentes de hormigón	Nuevo	No reglamentario (recomendaciones)

Anejo 6. Recomendaciones para la protección adicional contra el fuego de elementos estructurales

Consideraciones:

Este anejo presenta métodos simplificados y tablas que permiten determinar la resistencia de los elementos estructurales de hormigón ante la acción representada por la curva normalizada tiempo-temperatura, según UNE–EN 1363-1. Dichos métodos deben considerarse como condición suficiente (…) pero no como condición necesaria, pudiéndose utilizar siempre métodos más precisos o avanzados de los aquí propuestos, e incluso métodos experimentales.

Para la clasificación del comportamiento frente al fuego, se establecen tres criterios:

- Capacidad portante de la estructura (criterio R)
- Estanquidad al paso de llamas y gases calientes (criterio E)
- Aislamiento térmico en caso de fuego (criterio I)

Los tiempos nominales de resistencia al fuego pertenecen a la escala que establece la norma UNE-EN 13501-2 y son los siguientes: 30, 60, 90, 120, 180 y 240 minutos

A6.5. Método de comprobación mediante tablas

Consiste en la realización de comprobaciones dimensionales de las secciones transversales y los recubrimientos mecánicos, a partir de hipótesis simplificadas y del lado de la seguridad. Para algunas tipologías pueden requerirse otras comprobaciones adicionales y en estos casos pueden obtenerse datos más específicos en la norma del producto correspondiente.

Procedimiento tipo:

Cálculo de a_m (distancia equivalente al eje), función de:

- A_{si} : área de las armaduras;
- a_{si} : distancia del eje de cada una de las armaduras, al paramento expuesto más próximo;
- f_{yki} : resistencia característica del acero de cada armadura;
- Δa_{si} . corrección debida a las diferentes temperaturas críticas del acero y a las condiciones particulares de exposición al fuego, conforme a los valores de la tabla A.6.5.1.

De forma general, dependiendo del valor obtenido de a_m y de b_{min} (dimensión mínima del elemento), se obtiene la clasificación de resistencia al fuego según los valores expuestos en las tablas de cada tipo de elemento (5.2. Soportes; 5.3. Muros (no portantes y portantes); 5.4. Tirantes; 5.5. Vigas; 5.6. Losas macizas; 5.7. Forjados bidireccionales; 5.8. Forjados unidireccionales).

Pregunta: Todos los recubrimientos que piden las distintas tablas del Anejo 6, siempre he entendido que se refiere a la armadura principal resistente de las vigas. No encuentro ninguna referencia a los estribos. ¿Es así?

Respuesta: debe considerarse como "la distancia entre la superficie exterior de la armadura (incluyendo cercos y estribos) y la superficie del hormigón más cercana", que es la definición de recubrimiento que viene en el Art. 37.2.4. de la EHE-08. Por tanto, en el caso de que existan estribos o cercos que rodeen a las armaduras principales, serán estas primeras las que determinen la distancia o recubrimiento a considerar (no hay nada en el Anejo 6 que diga directamente que deba considerarse al contrario). Aún así, se dice que el recubrimiento por durabilidad será (por lo general) superior al establecido para el fuego.

A6.7. Método simplificado de la isoterma 500

Método aplicable a elementos de hormigón armado y pretensado de resistencia característica fck ≤ 50 N/mm2, solicitados por esfuerzos de compresión, flexión o flexocompresión.

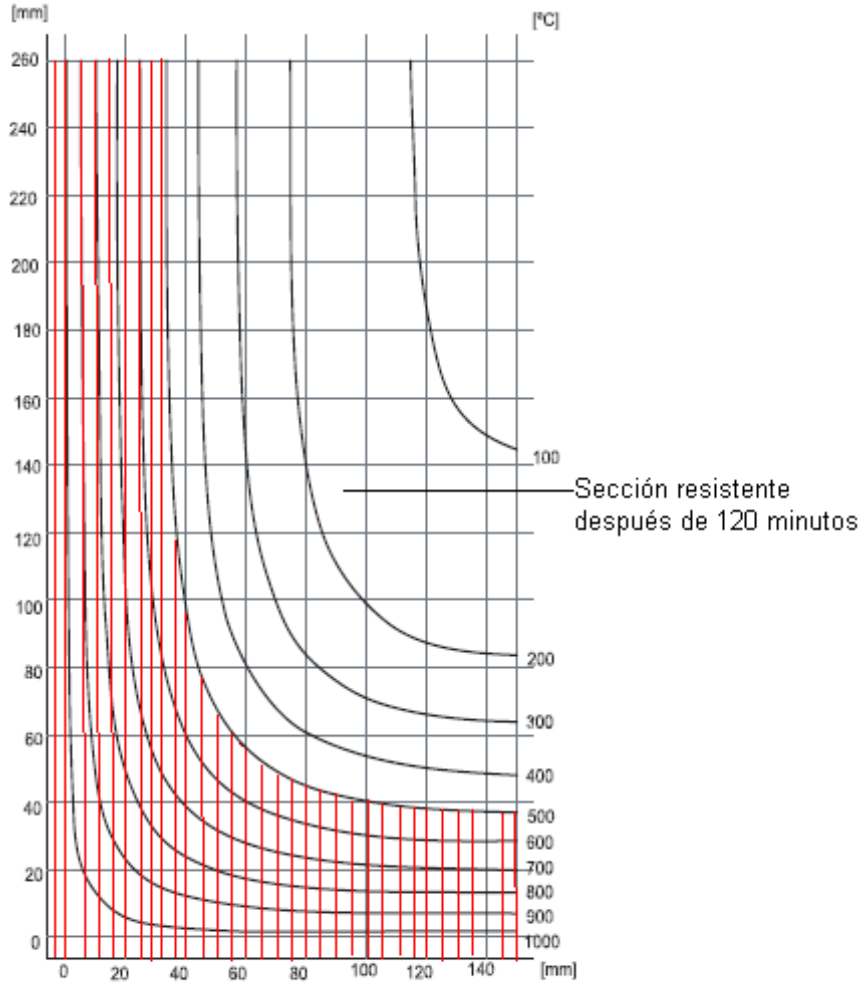
La dimensión del lado menor de las vigas o soportes expuestos por dicho lado y los contiguos debe ser mayor que:

TABLA A.6.7.1 Dimensión mínima de vigas y soportes

Resistencia a fuego normalizado	R 60	R 90	R 120	R 180	R 240
Dimensión mínima de la sección recta (mm)	90	120	160	200	280

Determinación de la capacidad resistente de cálculo de la sección transversal, considerando una sección reducida de hormigón, obtenida eliminando a efectos de cálculo para determinar la capacidad resistente de la sección transversal, las zonas que hayan alcanzado una temperatura superior a los 500ºC durante el periodo de tiempo considerado;

Ejemplo:



R-120

Figura A.6.4.b. Isotermas para cuartos de sección de 600 x 300 mm expuestos por ambas caras

- que las características mecánicas del hormigón de la sección reducida no se ven afectadas por la temperatura, conservando sus valores iniciales en cuanto a resistencia y módulo de elasticidad;
- que las características mecánicas de las armaduras se reducen de acuerdo con la temperatura que haya alcanzado su centro durante el tiempo de resistencia al fuego considerado. Se considerarán todas las armaduras, incluso aquéllas que queden situadas fuera de la sección transversal reducida de hormigón (ver tabla A.6.7.3).

NOTA: Tener en consideración la influencia de las capas protectoras (ej. Morteros de yeso, etc.) por su contribución a aumentar la resistencia al fuego del elemento estructural (según A6.6.).

Secciones disponibles	R30	R60	R90	R120	R180	R240
300 x 160 mm expuestos por ambas caras	X	X	X			
600 x 300 mm expuestos por ambas caras		X	X	X		
800 x 500 mm expuestos por ambas caras			X	X	X	X
300 x 300 mm expuestos por ambas caras	X	X	X	X		
sección circular de 300 mm de diámetro expuesta perimetralmente	X	X	X	X		
secciones planas expuestas por una cara h ≥ 200 mm	X	X	X	X	X	X

Pregunta: Método de la Isoterma 500. Tanto en el Anejo 6 de la EHE-08, como en el Anejo C del DB-SI "Seguridad en caso de Incendio, del Código Técnico de la Edificación" (ambas copias del Eurocódigo 2, parte 2), se dice lo siguiente: Para poder aplicar este método, la dimensión del lado menor de las vigas o soportes expuestos por dicho lado y los contiguos debe ser mayor que la indicada en la tabla C.6. para R60, 90, 120, 180 y 240. Por tanto, ¿se puede aplicar para R30, a pesar de que no se defina una limitación dimensional?

Por otro lado, ¿qué hago si mi sección es diferente de las que hay disponibles en las isotermas? ¿Hay alguna fórmula para correlacionarlas si tenemos una sección distinta o directamente no es aplicable el método?

Respuesta: En respuesta a tu primera pregunta, recordarte que el método tiene base teórico –experimental, y por tanto existen ciertas limitaciones de uso, salvo que se garantice específicamente (mediante ensayos o similar) el comportamiento frente a ciertos tipos de rotura que no se comprueban explícitamente (p.ej. fallo a cortante). En cuanto a lo de 30 min., si bien no se establece un límite, habría que ser prudente. Las temperaturas en el interior del hormigón después de 30 minutos de fuego normalizado no suelen ser muy elevadas (menos de 500 grados a 2 cm del borde), aunque depende mucho de la configuración de la pieza. Si la pieza es muy estrecha, por ejemplo en viguetas doble t en el cuello, pueden las temperaturas deteriorar mucho el hormigón del nervio y debilitar considerablemente la capacidad a corte del elemento (que podría fallar por esto y no por flexión que es lo que se comprueba en el método).

Conclusión: podría utilizarse el método para exigencia de R-30, aunque no hay una limitación expresa de ancho, pero habría que controlar las temperaturas en el interior (función de la forma de la sección) para garantizar que no se produce fallo prematuro por otra causa no contemplada explícitamente en el método (p.ej. cortante)

En cuanto a la determinación de las isotermas en el interior de la sección, podría utilizarse cualquier procedimiento de análisis térmico (existen varios en el mercado). Por supuesto el método sigue siendo válido, aunque no vengan los perfiles de temperatura en el CTE o en los eurocódigos. La correlación cuando la sección es distinta de la tabulada no es inmediata, aunque podrían hacerse algunas asimilaciones si se conoce razonablemente bien el comportamiento frente al fuego de secciones de hormigón.

Conclusión: Para la aplicación del método deben conocerse los perfiles de temperatura en la sección, pero no es necesario que sea alguno de los recogidos en la norma. Pueden obtenerse de un análisis térmico de la sección.

Anejo 9. Consideraciones adicionales sobre durabilidad

Este Anejo presenta un método alternativo para determinación de los recubrimientos de las armaduras, a los valores definidos en las tablas del Artículo 37.

En la comprobación del Estado Límite, se debe satisfacer la condición:

$$t_L > t_d$$

donde:

- t_L Valor estimado de la vida útil
- t_d Valor de cálculo de la vida útil

El método general de cálculo es el siguiente:

1) Determinacion de t_d

$$t_d = \gamma_t \cdot t_g$$

Elección de la vida útil de proyecto (t_g), según 5.1.

Elección del coeficiente de seguridad de vida útil: γ_t = 1,10

2) Determinacion de t_L

- Identificación de las clases de exposición ambiental a las que puede estar sometida la estructura. Para cada clase, identificación del proceso de degradación predominante. Según Art. 8.2.
- Selección del modelo de durabilidad correspondiente a cada proceso de degradación, según Art. 1.2. del Anejo.
  - Carbonatación, según 1.2.2.1. (Tipo de ambiente II).
  - Penetración de cloruros, según 1.2.2.2. (Tipos de ambiente III y IV).
- Aplicación del modelo y estimación de la vida de servicio de la estructura t_L.

$$t_L = t_i + t_p$$

donde:

t_i Período de iniciación de la corrosión, entendido como el tiempo que tarda el frente de penetración del agresivo en alcanzar la armadura provocando el inicio de la corrosión. Es función de:

Carbonatación:

- d = profundidad de penetración del agresivo (= recubrimiento).
- K_c = coeficiente de carbonatación, que a su vez es función de:
- f_{cm} = resistencia media del hormigón a compresión (= f_{ck} + 8 N/mm2).
- c_{env} = coefiente de ambiente, según tabla A.9.1.
- c_{air} = coeficiente de aireantes, según tabla A.9.2.
- a, b Parámetros función del tipo de conglomerante (cemento), según tabla A.9.3.

Penetracion de cloruros, según 1.2.2.2. (Tipos de ambiente III y IV).

- d = profundidad de penetración del agresivo (= recubrimiento).
- K_{Cl} = coeficiente de penetración de cloruros, que a su vez es función de:
- α = factor de conversión de unidades que vale 56157.
- D(t) = coeficiente de difusión efectivo de cloruros, función a su vez de:
- $D(t_0)$ = coeficiente de difusión de cloruros a la edad t_0, según tabla A.9.4. que depende de la relación A/C y del tipo de cemento empleado.
- n = factor de edad.
- t_0 = edad del hormigón a la cual se ha realizado el ensayo.
- C_{th} = concentración crítica de cloruros.
- C_s = concentración de cloruros en la superficie del hormigón.

- C_b = contenido de cloruros aportado por las materias primas (áridos, cemento, agua, etc.), en el momento de fabricación del hormigón.

t_p Período de propagación (tiempo de propagación de la corrosión hasta que se produzca una degradación significativa del elemento estructural), según Art. 1.2.3. del Anejo, y que es función de:

- d = espesor de recubrimiento.
- Φ = diámetro de la armadura.
- v_{corr} = velocidad de corrosión, según tabla A.9.5 y que depende de la clase general de exposición.

Comprobación del Estado Límite para cada uno de los procesos de degradación identificados relevantes para la durabilidad de la estructura.

$$t_L > t_d \, (= \gamma_t \cdot t_g)$$

En caso de empleo de morteros para el revestimiento de las armaduras, habrá que tener en cuenta en los cálculos los valores expuestos en el Art. 2 del Anejo.

Anejo 10. Requisitos especiales recomendados para estructuras sometidas a acciones sísmicas

En este anejo se describen los requisitos especiales que se recomiendan para estructuras de hormigón estructural sometidas a acciones sísmicas, complementarios a las disposiciones establecidas en los reglamentos específicos sobre construcción sismorresistente que sean aplicables según el tipo de estructura de que se trate (Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02. Parte general y edificación, la NCSE-07. Puentes o la Instrucción sobre acciones a considerar en puentes de carretera – IAP).

(…) es relevante el uso de detalles estructurales y constructivos que garanticen un confinamiento adecuado del hormigón en las zonas en las que se espera la formación de rótulas plásticas, evite el pandeo de las armaduras longitudinales en la zona de compresión y se potencie la rotura dúctil de las secciones críticas. (…) En este Anejo se establecen recomendaciones sobre detalles constructivos, disposición de armados y criterios de proyecto de estructuras de hormigón adecuados para zonas sísmicas.

A efectos del comportamiento frente al sismo se recomienda utilizar los tipos estructurales, detalles constructivos, etc., que proporcionen a la estructura la mayor ductilidad posible, especialmente si la aceleración sísmica de cálculo es elevada.

Pregunta: ¿Cuál es el campo de aplicación de la norma NCSE-02?

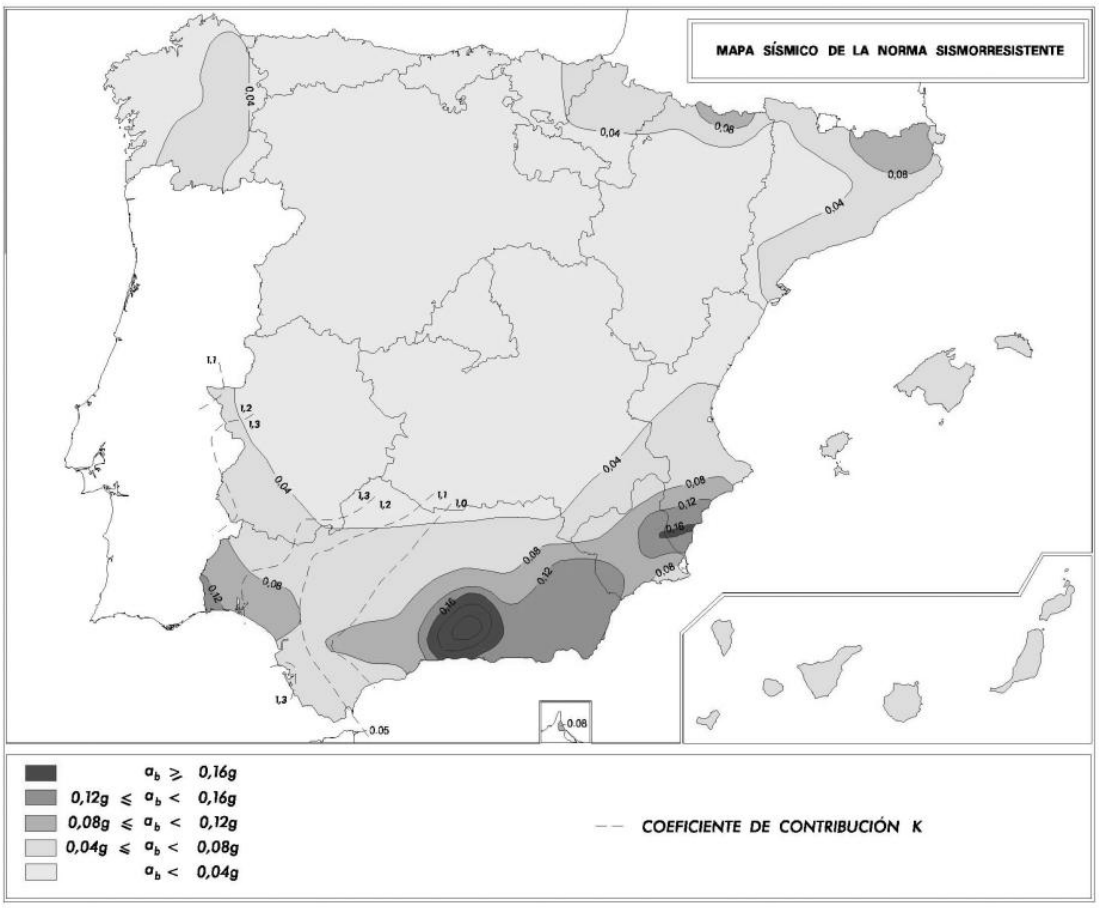
Respuesta: Primero debe determinarse a qué grado de importancia corresponde el edificio:

De importancia moderada: Aquellas con probabilidad despreciable de que su destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario, o producir daños económicos significativos a terceros.

De importancia normal: Aquellas cuya destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad, o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos.

De importancia especial: Aquellas cuya destrucción por el terremoto, pueda interrumpir un servicio imprescindible o dar lugar a efectos catastróficos. En este grupo se incluyen las construcciones que así se consideren en el planeamiento urbanístico y documentos públicos análogos así como en reglamentaciones más específicas y, al menos, las siguientes construcciones: hospitales, centros o instalaciones sanitarias de cierta importancia; edificios e instalaciones básicas de comunicaciones, radio, televisión, centrales telefónicas y telegráficas; edificios para centros de organización y coordinación de funciones para casos de desastre; edificios para personal y equipos de ayuda, como cuarteles de bomberos, policía, fuerzas armadas y parques de maquinaria y de ambulancias; las construcciones para instalaciones básicas de las poblaciones como depósitos de agua, gas, combustibles, estaciones de bombeo, redes de distribución, centrales eléctricas y centros de transformación; las estructuras pertenecientes a vías de comunicación tales como puentes, muros, etc. que estén clasificadas como de importancia especial en las normativas o disposiciones específicas de puentes de carretera y de ferrocarril; edificios e instalaciones vitales de los medios de transporte en las estaciones de ferrocarril, aeropuertos y puertos; edificios e instalaciones industriales incluidos en el ámbito de aplicación del Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas; las grandes construcciones de ingeniería civil como centrales nucleares o térmicas, grandes presas y aquellas presas que, en función del riesgo potencial que puede derivarse de su posible rotura o de su funcionamiento incorrecto, estén clasificadas en las categorías A o B del Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses vigente; las construcciones catalogadas como monumentos históricos o artísticos, o bien de interés cultural o similar, por los órganos competentes de las Administraciones Públicas.

A continuación, debe obtenerse el valor de aceleración sísmica, a_b , que depende del emplazamiento geográfico del edificio:



NOTA: Según información publicada recientemente, el Instituto Geográfico Nacional está desarrollando un nuevo mapa de peligrosidad sísmica que sustituya y actualice el de la NCSE-02, y que en principio, estará disponible a finales de 2011.

Por último, en función del grado de importancia de la construcción y el valor de la de aceleración sísmica, a_b , se aplicará la NCSE-02 en todas las construcciones excepto:

- *En las construcciones de importancia moderada.*
- *En las edificaciones de importancia normal o especial cuando la aceleración sísmica básica ab sea inferior a 0,04 g, siendo g la aceleración de la gravedad.*
- *En las construcciones de importancia normal con pórticos bien arriostrados entre sí en todas las direcciones cuando la aceleración sísmica básica ab (art. 2.1) sea inferior a 0,08 g. No obstante, la Norma será de aplicación en los edificios de más de siete plantas si la aceleración sísmica de cálculo, ac, (art. 2.2) es igual o mayor de 0,08 g.*

A10.6.9 Elementos y uniones prefabricadas

Las vigas y soportes prefabricados deben satisfacer los requisitos indicados en el apartado 6.1 y 6.2 de esta recomendación teniendo presente la vinculación real de los elementos en la determinación de las regiones críticas.

En pórticos de nudos rígidos, se debe garantizar la adecuada transmisión de momentos de sentido positivo y negativo a través de las uniones y los apoyos empotrados con una resistencia adecuada. Los esfuerzos de cálculo deben determinarse de acuerdo a los principios de proyecto por capacidad.

Si la unión de los elementos se localiza dentro de una región crítica, esta debe sobredimensionarse, de acuerdo a los criterios de capacidad, para garantizar que no plastifica a menos que se demuestre que la unión conforma un dispositivo con suficiente ductilidad y capacidad de disipación de energía y ha sido considerada como tal en el proyecto. En todo caso, se debe prevenir, mediante criterios de proyecto por capacidad, el colapso prematuro de la unión.

En pantallas formadas por elementos prefabricados se debe verificar la capacidad de transmitir los esfuerzos cortantes, que se producen en el plano del mismo, siguiendo disposiciones similares a las indicadas para las juntas de diafragmas horizontales en el apartado 6.6 de este anejo.

En los diafragmas horizontales constituidos a partir de elementos prefabricados se deben satisfacer las disposiciones indicadas en el apartado 6.6 de este anejo.

A11.5.4. Piezas prefabricadas (no aplicable a pilotes prefabricados)

Con carácter general, para los elementos prefabricados que tengan marcado CE, las tolerancias exigibles serán las establecidas en la correspondiente norma europea armonizada producto.

Las tolerancias establecidas en los apartados 5.4.1, 5.4.2. y 5.4.3. sólo tienen aplicación en el caso de elementos que no dispongan del marcado CE:

A11.5.4.1. Tolerancias de fabricación de elementos lineales

Parámetro	Tolerancia		Nota
Longitud de pieza, L	± 0,001 L		Con un mínimo de 5 mm para longitudes hasta 1 m y 20 mm para longitudes mayores.
Dimensiones transversales, D	D≤150 mm	±3 mm	
	150 mm<D≤500 mm	±5 mm	
	500 mm<D≤1000 mm	±6 mm	
	D>1000 mm	±10 mm	
Flecha lateral medida respecto al plano vertical que contiene al eje de la pieza	≤ L/750. Además, debe cumplir que:		
	L≤6 m	±6 mm	
	6 m<L≤12 m	±10 mm	
	L>12 m	±12 mm	
Desviación de la contraflecha respecto al valor básico de proyecto, medida en el momento del montaje	Piezas en general: ± L/750 con un valor límite de 16 mm		L es la longitud de la pieza. La segunda condición solo rige si la desviación afecta al aspecto estético.
	Piezas consecutivas en la colocación: ± L/1000 con un valor límite de 12 mm		
Planeidad de la superficie de la cara superior	Si no han de recibir encima losa superior de hormigón in situ: ±6 mm		Desviación medida con regla de 3 m colocada en dos puntos cualesquiera, en el momento del montaje.
	Si han de recibir encima losa superior de hormigón in situ: ±12 mm		

A11.5.4.2. Tolerancias de fabricación de elementos superficiales

Parámetro	Tolerancia		Nota
Longitud	L≤6 m	±8 mm	Siendo L la dimensión básica
	6 m<L≤12 m	(+12; -16) mm	
	L>12 m	(+16; -20) mm	
Desviaciones en las dimensiones de la sección transversal (D)	D≤60 cm	±6 mm	
	60 cm<D≤100 cm	±8 mm	
	D>100 cm	±10 mm	
Aberturas en paneles	Dimensiones en la abertura: ±6 mm		
	Posición de las líneas centrales de la abertura: ±6 mm		
Elementos embebidos	Tornillos: ±6 mm		
	Placas soldadas: ±24 mm		
	Anclajes: ±12 mm		
Alabeo medido en el momento del montaje	± 5 mm por metro de distancia a la más próxima de las esquinas adyacentes, pero no más de ± 24 mm.		

Arqueo	±0,003D con un valor límite de 24 mm	Siendo D la longitud de la diagonal de la pieza

A11.5.4.3. Desviaciones de montaje (…)

A11.6.1. Tolerancias aplicables para reducir los coeficientes parciales de seguridad de los materiales

NOTA: El cumplimiento de estas tolerancias tiene importancia en el caso de que el elemento prefabricado disponga de D.O.R. En este caso, es obvio que los Reglamentos de concesión ya incluyan este requisito, por lo que los elementos en posesión de un D.O.R. ya satisfagan esta condición que permite, entre otros, la reducción de los coeficientes de seguridad de los materiales (ver Art. 15.3.1. y 15.3.2.)

A11.6.2. Elementos prefabricados

Las reglas establecidas en el apartado 6.1 para estructuras construidas in situ son también aplicables para elementos prefabricados según se ha definido con anterioridad.

A11.6.1 Estructuras construidas in situ

De acuerdo con los criterios definidos en el punto 15.3.1 del Articulado podrá reducirse el coeficiente parcial de seguridad del acero al valor que figura en dicho apartado, siempre que se asegure que la desviación geométrica de la posición de la armadura (Δc) está dentro de los límites de la Tabla A11.6.1.a.

Dimensión h ó b (mmm)	Posición de la armadura ±Δc (mm)
≤150	5
400	10
≥2.500	20

Nota 1: Los valores intermedios se podrán obtener por interpolación lineal.
Nota 2: Δc se refiere al valor medio obtenido para las armaduras pasivas o para los tendones de pretensado en la sección transversal o en una anchura de 1.0 m para el caso de losas o muros

Asimismo, de acuerdo con los criterios definidos en el punto 15.3.2 del Articulado, podrá reducirse el coeficiente parcial de seguridad del hormigón al valor que figura en el punto 3, siempre que se asegure que las desviaciones geométricas de la sección transversal (Δh, Δb) respecto de las dimensiones nominales están dentro de los límites de las Tabla A11.6.1.b.

Dimensión h ó b (mmm)	Sección transversal ±Δh, Δb (mm)
≤150	5
400	10
≥2.500	30

Nota 1: Los valores intermedios se podrán obtener por interpolación lineal.

En el caso particular de elementos prefabricados puede reducirse el coeficiente parcial de seguridad del hormigón tal y como establece el punto 15.3.2 del Articulado si el cálculo de la capacidad resistente de la sección se realiza utilizando , o bien los valores reales medidos en la estructura ya terminada, o una sección resistente reducida con unas dimensiones geométricas críticas obtenidas a partir de los valores nominales reducidos por las desviaciones recogidas en el apartado 6.1 de este Anejo.

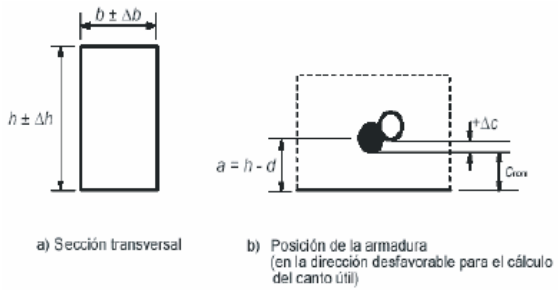


Figura A11.6.2. Sección resistente reducida

Anejo 12. Aspectos constructivos y de cálculo específicos de forjados unidireccionales con viguetas y losas alveolares prefabricadas

Este anejo pretende suministrar reglas complementarias acerca de aspectos constructivos y de cálculo de forjados unidireccionales constituidos por elementos prefabricados y hormigón vertido in situ.

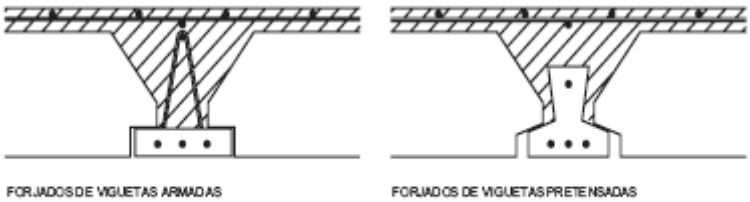


Figura A.12.3.1. Tipos usuales de forjados de viguetas

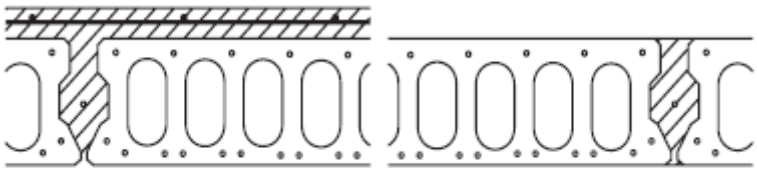


Figura A.12.3.2. Tipos usuales de forjados de losas alveolares pretensadas

4 Método simplificado para la redistribución de esfuerzos en forjados

5. Reparto transversal de cargas en forjados unidireccionales y en losas alveolares

5.1. Reparto transversal de cargas lineales y puntuales en forjados de viguetas
5.2. Reparto transversal de cargas lineales y puntuales en forjados de losas alveolares pretensadas

6. Casos especiales de carga y sustentación

6.1. Flexión transversal debida a cargas concentradas en losas alveolares pretensadas
6.2. Capacidad de carga de losas alveolares pretensadas apoyadas en tres bordes

7. Apoyos

7.1. Apoyos de forjados de viguetas
7.2. Apoyos de placas alveolares pretensadas

8. Conexiones

8.1. Enfrentamiento de nervios

9. Coacciones no deseadas en losas alveolares pretensadas. Armadura mínima en apoyos simples

Anejo 13. Índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad

(…) Este Anejo define un índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad (ICES), obtenido a partir del índice de sensibilidad medioambiental de la misma (ISMA), estableciendo procedimientos para estimarlos cuando así lo decida la Propiedad.

(…) La consideración de criterios de sostenibilidad en una estructura de hormigón será decidido por la Propiedad que deberá además comunicarlo al Autor del Proyecto para que incorpore las correspondientes medidas durante la redacción del mismo

Pregunta: Como fabricante de elementos prefabricados de hormigón ¿cómo me afecta la exigencia de un ICES en proyecto?

Respuesta: En primer lugar, debe dejarse claro que este Anejo presenta una metodología de cálculo para determinar cuán sostenible es una estructura de hormigón, para lo cual confluyen multitud de parámetros que se analizan individualmente (por ejemplo, características medioambientales de los materiales, optimización de los recursos, minimización de residuos, nivel de control de la ejecución, mejora de la vida útil respecto a la vida mínima contemplada en el Art. 5.1., características medioambientales de las instalaciones, etc.)

En el caso particular del fabricante, bonificará que la instalación de elementos prefabricados de hormigón cumpla con los siguientes criterios (Art. 4.2. Anejo 13):

- *Que tenga distintivo de carácter medioambiental conforme a la UNE-EN ISO 14001 o un EMAS.*
- *O en caso contrario, que cumplan las medidas siguientes:*
    - *disponen de dispositivos para minimizar los impactos en el entorno, tales como filtros, silenciadores, amortiguadores, pantallas de retención de polvo, etc.,*
    - *se controla y registran los procesos de gestión o reciclado de residuos (por ejemplo, mediante uso de*
    - *contenedores, planes de gestión de residuos, etc.),*
    - *se contemplan medidas específicas para optimizar las dosificaciones empleadas,*
    - *se utilizan armaduras: procedentes de instalaciones de ferralla que estén en posesión de un D.O.R., o son elaboradas en la propia instalación de prefabricación, con sistemas de gestión de los residuos producidos y medidas específicas para la reducción del ruido producido en los procesos de ferralla.*

A fecha de hoy no se tiene constancia que de forma generalizada se esté fijando el ICES como una exigencia añadida en los proyectos. No obstante, y según se manifestó durante las jornadas de presentación de la EHE que se celebraron por toda la geografía española a finales de 2008, al menos la Administración Estatal iría exigiendo de forma creciente en los proyectos de su ámbito, un valor mínimo de contribución a la sostenibilidad.

Para facilitar la tarea de la obtención del índice se ha desarrollado el programa de cálculo MIVES (Modelo Integrado de Cuantificación de Valor de la Estructura a la Sostenibilidad) y que está habilitado en la web del Ministerio de Fomento:

http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/ORGANOS_COLEGIADOS/CPH/Programa_MIVES/

También tienes a tu disposición un informe publicado por el Departamento Técnico de ANDECE en el que se presenta cómo la EHE-08 aborda la sostenibilidad (la sección de la EHE en el apartado de Calidad y Normativa):

http://www.andece.org/index.php/calidad-y-normativa/ehe/documentacion-de-ayuda

Anejo 14. Recomendaciones para la utilización de hormigón con fibras

Las prescripciones y requisitos incluidos en el articulado de esta Instrucción se refieren a hormigones que no incorporan fibras en su masa. Por ello, se precisa establecer unas recomendaciones específicas y complementarias cuando, para mejorar algunas prestaciones ya sea en estado fresco, en primeras edades o en estado endurecido, se empleen fibras en el hormigón, las cuales pueden modificar algunas de sus propiedades.

Definición: los hormigones reforzados con fibras (HRF), se definen como aquellos hormigones que incluyen en su composición fibras cortas, discretas y aleatoriamente distribuidas en su masa, que se incorporan a fin de conferirle ciertas propiedades específicas.

Clasificación:

- Fibras de acero.
- Fibras poliméricas.
- Otras fibras orgánicas.

Quedan expresamente fuera de los objetivos de este Anejo:

- Los hormigones con polímeros (impregnados con polímeros, de polímeros o modificados con polímeros).
- Los hormigones fabricados con fibras distintas a las que constan en este Anejo como aceptables para su uso en hormigones.
- Los hormigones en los que la distribución y / o orientación de las fibras es forzada intencionadamente.
- Los hormigones con dosificación en fibras superior al 1,5% en volumen

Finalidades del uso de fibras:

- Estructural cuando se utiliza su contribución en los cálculos relativos a alguno de los estados límite últimos o de servicio y su empleo puede implicar la sustitución parcial o total de armadura en algunas aplicaciones.
- No estructural, cuando se incluyan fibras en el hormigón con otros objetivos como la mejora de la resistencia al fuego o el control de la fisuración.

Pregunta: ¿Existe algún requisito normativo que deban cumplir las fibras que empleo en la fabricación del hormigón?

Respuesta: Así es. Las fibras metálicas y poliméricas que se empleen en la fabricación de hormigones, deberán disponer de marcado CE. En este caso, el prefabricador actúa como usuario y debe reclamar al proveedor de las fibras que éstas dispongan de marcado CE, pues de lo contrario estaría asumiendo cierta irresponsabilidad legal:

Norma	*Título*	*Sistema de evaluación de la conformidad*
UNE-EN 14889-1:2008	*Fibras para hormigón. Parte 1: Fibras de acero. Definiciones, especificaciones y conformidad.*	*Para uso estructural: 1*
		Para otros usos: 3
UNE-EN 14889-2:2008	*Fibras para hormigón. Parte 2: Fibras poliméricas. Definiciones, especificaciones y conformidad*	*Para uso estructural: 1*
		Para otros usos: 3

Anejo 15. Recomendaciones para la utilización de hormigón reciclado

Definición de hormigón reciclado (HR): hormigón fabricado con árido grueso reciclado procedente del machaqueo de residuos de hormigón.

Quedan fuera de los objetivos de este anejo:

- Los hormigones fabricados con árido fino reciclado.
- Los hormigones fabricados con áridos reciclados de naturaleza distinta del hormigón (áridos mayoritariamente cerámicos, asfálticos, etc).
- Los hormigones fabricados con áridos reciclados procedentes de estructuras de hormigón con patologías que afectan a la calidad del hormigón tales como álcaliárido, ataque por sulfatos, fuego, etc.
- Hormigones fabricados con áridos reciclados procedentes de hormigones especiales tales como aluminoso, con fibras, con polímeros, etc.

Consideraciones:

El árido reciclado puede emplearse tanto para hormigón en masa como hormigón armado de resistencia característica no superior a 40 N/mm2, quedando excluido su empleo en hormigón pretensado.

Para su aplicación en hormigón estructural, este Anejo recomienda limitar el contenido de árido grueso reciclado al 20% en peso sobre el contenido total de árido grueso. Con esta limitación, las propiedades finales del hormigón reciclado apenas se ven afectadas en relación a las que presenta un hormigón convencional, siendo necesaria, para porcentajes superiores, la realización de estudios específicos y experimentación complementaria en cada aplicación.

En este documento se desarrollan únicamente aquellas consideraciones que complementan las prescripciones incluidas en los distintos artículos de la Instrucción, o que incluso en algunos casos las sustituyen, manteniéndose vigentes el resto de prescripciones, que no entren en contradicción con las recogidas en el Anejo.

Pregunta: ¿Qué ventajas e inconvenientes presenta el uso de áridos reciclados en la fabricación del hormigón?

Respuesta: Las principales ventajas del reciclado de materiales de desecho es que, por un lado se resuelve parcialmente el problema de tener que eliminarlos, y por otro se reduce la cantidad de áridos a comprar.

No obstante, debe hacerse un análisis completo, teniendo en cuenta ciertas consideraciones:

- *La aplicación de árido reciclado queda restringida a los casos de hormigón en masa y armado, excluyendo su uso en hormigón pretensado, y para elementos de resistencia característica inferior a 40 MPa. Además, no se recomienda emplear más de un 20% de árido grueso reciclado sobre el contenido total de árido grueso.*
- *Sólo se aconseja la utilización de árido procedente del reciclado de hormigón convencional, excluyendo hormigones especiales tales como hormigones ligeros, hormigones con fibras, los fabricados con cemento aluminoso, etc.*
- *Previendo que los áridos reciclados presentarán a priori peores características, habrá que analizar si debe compensarse esta disminución en las prestaciones con el uso de áridos naturales mejores.*
- *Se deberá disponer de zonas de acopio distintas para los áridos naturales y los áridos reciclados.*
- *Los áridos reciclados suelen presentar un grado de absorción mayor, por lo que previsiblemente será necesario dosificar con cantidades de agua mayores o para contrarrestar este efecto emplear aditivos superplastificantes, o emplear áridos reciclados saturados.*
- *En caso de utilizar contenidos de árido grueso reciclado mayor al 20%, será necesario dosificar, por lo general, con mayores contenidos de cemento y relaciones agua/cemento inferiores.*
- *Para hormigones expuestos a ambientes agresivos se tomarán precauciones especiales que se precisarán en cada caso.*

Anejo 17. Recomendaciones para la utilización del hormigón autocompactante

Se define como hormigón autocompactante (HAC) aquel hormigón que, como consecuencia de una dosificación estudiada y del empleo de aditivos superplastificantes específicos, se compacta por la acción de su propio peso, sin necesidad de energía de vibración ni de cualquier otro método de compactación, no presentando segregación, bloqueo de árido grueso, sangrado, ni exudación de la lechada.

En este Anejo se recogen unas recomendaciones para el empleo adecuado de estos hormigones.

Consideraciones:

Características principales de los HAC:

- Fluidez o habilidad de fluir sin ayuda externa y llenar el encofrado;
- Resistencia al bloqueo o habilidad de pasar entre las barras de armadura;
- Estabilidad dinámica y estática, o resistencia a la segregación, que le permite alcanzar finalmente una distribución uniforme del árido en toda su masa.
- Tamaño máximo de árido recomendado: entre 12 y 20 mm.
- Se recomienda que la cantidad resultante de sumar el contenido de partículas de árido fino que pasan por el tamiz UNE 0,063 y la adición caliza, en su caso, del cemento no sea mayor de 250 kg/m3 (en el caso de hormigones convencionales, este valor está limitado a 175 kg/m3, o 185 kg/m3 en el caso de emplearse agua reciclada,

Anejo 19. Niveles de garantía y requisitos para el reconocimiento oficial de los distintivos de calidad

A19.1. Introducción

Esta instrucción contempla la posibilidad de que la Dirección Facultativa aplique unas consideraciones especiales para algunos productos y procesos cuando éstos presenten voluntariamente (…) unos niveles de garantía adicionales a los mínimos reglamentariamente exigidos. En el caso general, dichos niveles de garantía adicionales se demuestran mediante la posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido (D.O.R.) por una Administración competente en el ámbito de la construcción (…)

A19.2. Niveles de garantía de productos y procesos

(…) el Fabricante de cualquier producto (…) puede optar por la posesión de un distintivo de calidad que avale un nivel de garantía superior al mínimo establecido por esta Instrucción. En el caso de productos con marcado CE, dichos distintivos de calidad deberán aportar valores añadidos respecto a características no amparadas por el citado marcado (…)

A19.4. Requisitos de carácter general de los distintivos

Para su reconocimiento oficial, el distintivo deberá:

- Ser de carácter voluntario y otorgado por un organismo certificador que cumpla los requisitos de este Anejo.
- Otorgarse sobre la base de un reglamento regulador que defina sus garantías particulares, su procedimiento de concesión, su régimen de funcionamiento, sus requisitos técnicos y las reglas para la toma de decisiones relativas al mismo.
- Establecer como requisito para concesión que debe disponerse de datos del control de producción durante un período de, al menos, seis meses en el caso de productos o procesos desarrollados en instalaciones ajenas a la obra.
- Etc.

A19.5. Requisitos de carácter específico de los distintivos

A19.5.3. Elementos prefabricados

Un distintivo de calidad para elementos prefabricados deberá:

- Garantizar el cumplimiento de los requisitos impuestos en este Anejo para las instalaciones de fabricación de sus elementos constituyentes (hormigón, armaduras pasivas, armaduras activas, etc).
- El prefabricador dispone de una instalación fija de hormigonado y de un taller de elaboración de armadura pasiva capaces de producir la totalidad de los materiales necesarios para la fabricación de los elementos prefabricados. Sólo en casos excepcionales podrá permitir la utilización de plantas o talleres externos que, en dicho caso, deberán estar también en posesión de un distintivo de calidad.
- Las instalaciones de fabricación cuentan con un sistema de gestión de datos de la fabricación de hormigón para supervisar a tiempo real su producción (…)
- Transporte del hormigón para su vertido en los moldes de forma adecuada.
- Control hormigón: como mínimo, una determinación diaria de la resistencia del hormigón para cada tipo de hormigón producido en el día y realizar un análisis predictivo de la resistencia requerida a 28 días.
- Mantener la garantía durante los periodos de tiempo en los que, cualquiera que sea la causa, se produzcan interrupciones en la producción normal de cualquier tipo de hormigón.
- Garantizar que, en ningún caso, se producen interrupciones en las tomas de muestras correspondientes a tipos de hormigón empleados que sean superiores a 1 mes.
- Control externo de la resistencia con una frecuencia igual o superior a 2 determinaciones al mes por cada designación de hormigón fabricado con un volumen de fabricación mensual superior a 200 m3. Para producciones inferiores a 200 m3 al mes deberá realizarse, como mínimo, un ensayo externo.
- El prefabricador dispone de un laboratorio de autocontrol propio con capacidad para hacer como mínimo ensayos de resistencia del hormigón, y realizará ensayos de contraste en laboratorios externos acreditados.
- Garantizar que los soldadores estén homologados de acuerdo al sistema empleado.

- Garantizar la trazabilidad, tanto de los materiales empleados, como de los propios elementos prefabricados.
- Se dispone de sistemas de etiquetado mediante códigos que permitan la gestión informática de los productos prefabricados y garanticen la identificación y trazabilidad del elemento desde su producción hasta la puesta en obra.
- Caso de elementos prefabricados destinados a forjados unidireccionales, el Prefabricador debe disponer de una ficha técnica y su correspondiente Memoria de Cálculo de los sistemas de forjados en los que se pueden emplear cada uno de sus elementos y garantizar que su contenido técnico es correcto *(similar a las que se tenían con las Autorizaciones de Uso, con la salvedad que antes las sellaba el Ministerio de Vivienda, y en este caso, corresponde hacerlo al Organismo Certificador)*.

A19.7. Requisitos generales del organismo certificador

- Comprobar que el laboratorio utilizado para realizar el control de producción cuenta con los recursos materiales y humanos suficientes.
- Comprobar la conformidad de los resultados de ensayo del control de producción con una periodicidad adecuada a la fabricación del producto y, en ningún caso, menos de una vez al semestre. Para ello, sus reglamentos reguladores establecerán criterios de aceptación, tanto estadísticos como puntuales (…) así como los criterios para su corrección, en función de los resultados obtenidos por el laboratorio verificador en los ensayos de contraste.
- Comprobar que, cuando se produce una no conformidad del control de producción, los fabricantes han tomado medidas correctivas en un plazo no superior a una semana, han informado por escrito a sus clientes, aportándoles los resultados del autocontrol. Deberán haber resuelto la no conformidad en un plazo máximo de tres meses. En función de la adopción de medidas correctivas, se podrá conceder un plazo adicional de otros tres meses, a la finalización del cual se procederá a la retirada del distintivo en el caso de mantenerse la no conformidad (…)
- Establecer un sistema de seguimiento en el mercado, de forma que todos los productos amparados por el distintivo sean objeto de análisis de forma periódica, tomando muestras para su ensayo.

A19.9. Requisitos relativos al sistema de producción del fabricante

La instalación de producción deberá:

- Tener implantado un sistema de gestión de la calidad auditado por un organismo certificador acreditado (…) Dicho sistema será conforme a la norma UNE-EN ISO 9001, en las partes que le sean de aplicación.
- Disponer de un laboratorio para el control continuo de la producción y del producto a suministrar, propio o contratado.
- Tener definido y desarrollado un control de producción continuo en fábrica, de cuyos datos deberá disponerse, al menos, durante un período de seis meses antes de la concesión.
- Tener suscrita una póliza de seguro que ampare su responsabilidad civil por posibles productos defectuosos por él fabricados, en una cuantía suficiente, de acuerdo con lo establecido por el reglamento regulador.
- Disponer de un sistema de información sobre los resultados del control de producción, que sea accesible para el usuario, mediante procedimientos informáticos (internet, etc…) o, alternativamente, un sistema de evaluación del autocontrol con periodicidad semanal, preferiblemente automatizado por procedimientos informáticos, por parte del organismo certificador, En este último caso, el fabricante pondrá, a disposición de los usuarios que así lo requieran, los resultados del control de producción.

Pregunta: Como fabricante de elementos prefabricados de hormigón estructurales, ¿Qué ventajas tendría en el caso de certificarme con un D.O.R.?

Respuesta: La Instrucción EHE-08 concede una serie de consideraciones especiales en caso de disponer de un D.O.R. y que se resumen a continuación:

En los cálculos:

- *Reducción de los coeficientes de seguridad de los materiales, siempre que se cumplan otra serie de condiciones (según Art. 15.3. de la EHE-08).*
- *Aumento de un 5% la fuerza de tesado de las armaduras activas (según Art. 20.2.1.)*

En la ejecución

- *Se concede la potestad a la Dirección Facultativa de no realizar una comprobación física de las instalaciones del fabricante (según comentario Art. 91.4.2.), pues queda ya cubierta en el propio proceso de certificación por parte del Organismo Certificador.*
- *En el caso de que los elementos prefabricados estén en posesión de D.O.R., la Dirección Facultativa podrá eximir la realización de determinadas comprobaciones documentales (Art. 91.4.3.)*
- *Se exime a la Dirección Facultativa la realización de determinados ensayos sobre muestras tomadas en la instalación de fabricación (Art. 91.5.2.)*

Para más información, tiene a su disposición un apartado específico del D.O.R. en la web de ANDECE (Sección de "Calidad y Normativa"), en el que figura un artículo donde se presentan de forma más detallada los requisitos que deben cumplirse para su obtención y las ventajas que su tenencia proporciona:

http://www.andece.org/images/stories/Alex/dor_ph.pdf

Link a la web del Ministerio de Fomento donde se citan las entidades que han obtenido el reconocimiento de su distintivo de calidad y la relación de productos que facilitados por ellas tienen concedido su distintivo:

http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/ORGANOS_COLEGIADOS/CPH/Distintivos/

Pregunta: ¿Para obtener un D.O.R. de mis productos, debo cumplir íntegramente el contenido del Anejo 19?

Respuesta: No necesariamente. Cada Reglamento de concesión contemplará una serie de requisitos cuyo cumplimiento por parte del fabricante es necesario para la certificación con un D.O.R. Estos requisitos se definirán en base a las partes que sean de aplicación para los elementos prefabricados, pero además podrán venir otros valores añadidos que el Organismo Certificador considere oportuno, siempre y cuando el nivel de exigencia sea al menos igual al que establece en el Anejo 19. El primer párrafo del Apartado 5.3. de Elementos Prefabricados, dice lo siguiente: Un distintivo de calidad para elementos prefabricados deberá: "Garantizar el cumplimiento de los requisitos impuestos en este Anejo para las instalaciones de fabricación de sus elementos constituyentes (hormigón, armaduras pasivas, armaduras activas, etc.), sin perjuicio de lo indicado específicamente en este apartado".

Es decir, los reglamentos de concesión no deben contemplar obligatoriamente (aunque sí como opción añadida) que se cumplan íntegramente los apartados de hormigón, armaduras, etc., sino (como prefabricador) sólo lo relativo a las instalaciones (que es lo que pone el 5.3.).

Pregunta: Como receptor de productos certificables (acero, cemento, etc.), ¿tengo alguna ventaja si utilizo alguno que esté en posesión de un D.O.R.?

Respuesta: Depende del caso, pero en general sí. Es el caso de los aceros (tanto para armaduras pasivas como para pretensado), los cuales ya tienen varios reglamentos de concesión aprobados, el prefabricador puede aprovecharse de las siguientes consideraciones:

- *Aceros para armaduras pasivas:*

1) *Según el Art. 15.3.1., **disminución del coeficiente de seguridad del acero** (de 1,15) a 1,10, siempre y cuando se cumpla al menos una de las dos condiciones siguientes:*

   - *que la ejecución de la estructura se controle con nivel intenso, de acuerdo con lo establecido en el Capitulo XVII, y que las tolerancias de colocación de la armadura sean conformes con las definidas explícitamente en el proyecto, las cuales deberán ser, al menos, igual de exigentes que las indicadas en el apartado 6 del Anejo nº 11 de esta Instrucción.*

   - *que las armaduras pasivas o activas, según el caso, estén en posesión de un D.O.R. conforme a esta Instrucción, o que formen parte de un elemento prefabricado que ostente un D.O.R.*

2) *Según el Art. 87 *, **exención de los ensayos de recepción del acero** (igual status para los aceros con marcado CE cuando éste sea aplicable), limitándose a una comprobación documental de que el producto está en posesión del D.O.R., y que el reconocimiento del D.O.R. sigue en vigor.*

- *Aceros para pretensado*

1) ***Control de recepción**: según el Art. 89 "Control del acero para armaduras activas", en tanto no se disponga de marcado CE, se exime al receptor de los aceros de la realización de una serie de ensayos de comprobación, que en caso contrario estaría obligado a realizar, limitándose a una verificación documental de que siguen en vigor el reconocimiento oficial del distintivo y la concesión al propio producto.*

2) *Según el Art. 20.2.2., **limitación de la fuerza de pretensado**: la EHE-08 ha disminuido la tensión que puede introducirse en las armaduras activas con respecto a la anterior Instrucción EHE-98, salvo en el caso de que tanto el aplicador de la fuerza (en nuestro caso, el fabricante de elementos prefabricados de hormigón) como el acero para las armaduras activas, dispongan simultáneamente de un D.O.R.:*

	EHE-98	EHE-08	
	----	Sin D.O.R.	Con D.O.R.
$\sigma_{p0} \leq$	El menor de ($f_{p\ max,\ k}$; f_{pk})	El menor de ($f_{p\ max,\ k}$; f_{pk})	El menor de ($f_{p\ max,\ k}$; f_{pk})
Permanente	(75% ; 90 %)	(70% ; 85 %)	(75% ; 90 %)
Temporal	(85% ; 95 %)	(80% ; 90%)	(85% ; 95 %)
$f_{p\ max,\ k}$ Carga unitaria máxima característica f_{pk} Límite elástico característico s_{p0} Tensión resultante de aplicar una fuerza P_0 sobre las armaduras			

3) ***Aumento de la tensión de cálculo de adherencia**: según los comentarios de la Comisión Permanente del Hormigón, relativos al Art. 70.2.3. "Adherencia de las armaduras activas al hormigón", se podrán aumentar en un 10 % los valores de la tensión de cálculo de adherencia dados en la Tabla 70.2.3., en el caso de aceros para armaduras activas que estén en posesión de un D.O.R. (y siempre que se tomen las precauciones adecuadas para evitar la fisuración del hormigón), con lo que podrá reducirse consecuentemente la longitud de anclaje.*

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

Alejandro López Vidal
Responsable Técnico Estructural
alopez@andece.org
T +34 91 323 82 75