

INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL E.H.E.

Antonio García Valcarce. Dr. Ingeniero de Montes

La instrucción de hormigón estructural (E.H.E.) entró en vigor el pasado 1 de julio. En este artículo se detallan las novedades y variaciones más relevantes de la nueva norma.

El Real Decreto 2661/1998 de 11 de diciembre aprueba la “Instrucción de Hormigón Estructural” y se publica en el Boletín Oficial del Estado de fecha miércoles 13 de enero de 1999. Suplemento del número 11. El suplemento consta de dos fascículos. El ámbito de aplicación comprende con carácter obligatorio, todas las obras, tanto de las Administraciones Públicas, como las de carácter privado.

Se regula la aplicación de esta Instrucción, a los proyectos y ejecución de las obras según la situación en que se encuentren en el proceso constructivo en la “Disposición transitoria única” siguiente:

1. Los proyectos aprobados por las Administraciones Públicas o visados por Colegios Profesionales antes de la fecha de entrada en vigor de este Real Decreto, se regirán por las instrucciones vigentes en el momento de la aprobación de aquéllos y podrán servir de base a la ejecución de las obras correspondientes, siempre que éstas se inicien antes de la entrada en vigor de este Real Decreto.

2. La ejecución de las obras comprendidas en el párrafo anterior se realizará de acuerdo con la Instrucción vigente que le fuera de aplicación en el momento de la aprobación, pudiendo no obstante aplicar la nueva Instrucción en aquellos puntos que no impliquen modificación del proyecto o del contrato.

3. Si las obras no se iniciaran en el plazo fijado en el apartado número uno de esta Disposición transitoria, sus proyectos deberán ser modificados de acuerdo con los preceptos de esta Instrucción.

4. Las obras que se encuentren iniciadas en la fecha de entrada en vigor de este Real Decreto continuarán ejecutándose con arreglo a la Instrucción que les haya servido de base, salvo acuerdo entre las partes contratantes.

Se establece también la siguiente “Disposición derogatoria única”.

A la entrada en vigor de este Real Decreto quedan derogados:

- el Real Decreto 824/1998, de 15 de julio, por el que se aprueba la “Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado (EH-88)” y la “Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón armado o pretensado (EF-88)”.

- El Real Decreto 1039/1991, de 20 de junio, por el que se aprueba la “Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado (EH.91)”, y

- El Real Decreto 805/1993, de 28 de mayo, por el que se aprueba la “Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado (EP-93)”.

Asimismo, quedan derogadas cuantas otras disposiciones de igual o inferior rango se opongan a lo establecido en el presente Real Decreto.

Advertimos que no queda derogada la EF-96 “Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón armado o pretensado”.

La “Instrucción de Hormigón Estructural (EHE) entró en vigor el 1 de julio de 1999.

La nueva Instrucción presenta muchas novedades respecto a las anteriores EH-91 y EP-93.

La primera es el cambio de título. No es una “Instrucción para el proyecto y la Ejecución de obras de Hormigón en Masa o Armado y Pretensado” que era el título conjunto de las dos anteriores, sino “Instrucción de Hormigón Estructural (E.H.E.)”.

Desaparecen los comentarios, en la publicación del B.O.E.

La Publicación 1998 del centro de Publicaciones del Ministerio de fomento incluye: “Con comentarios de los miembros de la Comisión Permanente del Hormigón”.

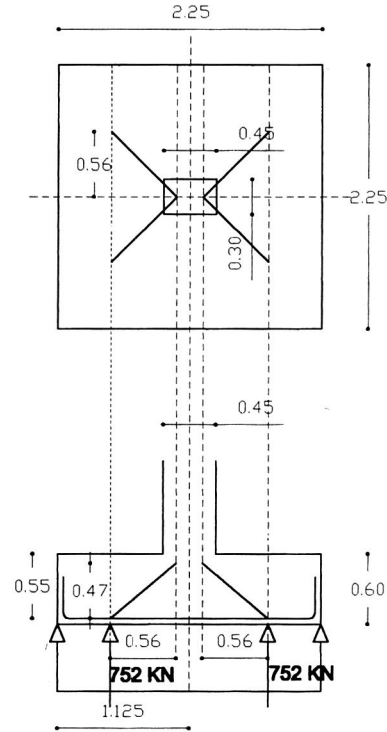
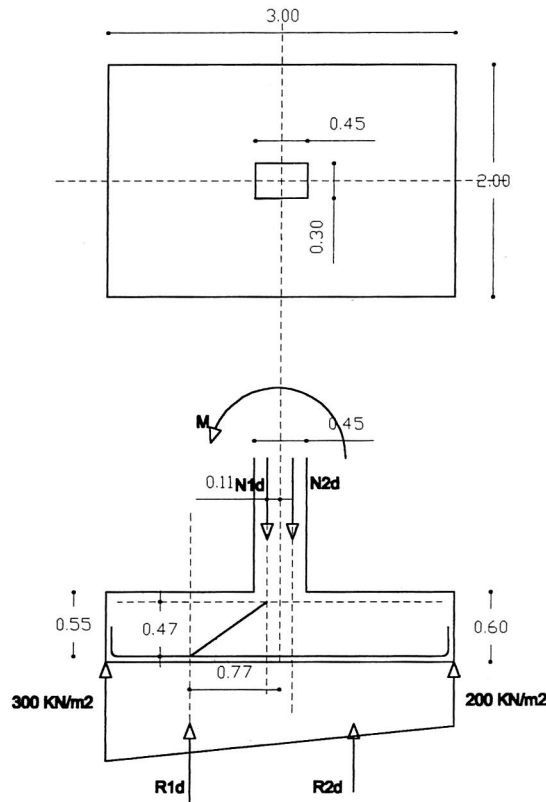
Las dos Instrucciones anteriores –EH-91 y EP-93- se unen en la nueva EHE, cuyo campo de aplicación abarca el Hormigón en Masa, Armado y Pretensado.

En la nueva Instrucción se da una gran importancia a la “Durabilidad de Hormigón” que se pone ya de manifiesto en su Artículo 1º cuando “supone que el proyecto, construcción y control de las estructuras que constituyen, su campo de aplicación serán llevados a cabo por técnicos y operarios con los conocimientos necesarios y la experiencia suficiente”, y se exigen certificados y distintivos a “los productos de construcción incluidos en su ámbito” para garantizar su idoneidad “para el uso que se destinan”.

En el “Título I. Bases de Proyectos. Capítulo II. Principios generales y Método de los Estados Límites” en su “Artículo 8”. Bases de Cálculo”, se desarrolla el “punto 8.2. – Bases de cálculo orientadas a la Durabilidad”, se definen en su Tabla 8.2.2.- Clases generales de exposición relativas a la corrosión de las armaduras”.

En la Tabla 8.2.2.- “Clases generales de exposición relativas a la corrosión de las armaduras”; debe existir un error al establecer la Designación, en la CLASE GENERAL DE EXPOSICIÓN. Clase normal.

Subclase	DESIGNACIÓN	
	Dice	Debe decir
Humedad alta	II _a	II _b
Humedad media	II _b	II _a



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

“Tabla 8.2.3.b.-Clasificación de la agresividad química”.

En el capítulo III. Acciones. Artículo 12º, la Tabla 12.1.b que debe ser igual a la 95.5 contiene un “lapsus” de escritura

Dice			Debe decir		
Nivel de control de ejecución			Nivel de control de ejecución		
Efecto	Efecto	Efecto	Intenso	Normal	Reducido

El hecho de que los coeficientes parciales de seguridad correspondiente a Acciones ‘Permanentes’, ‘Permanente de valor no constante’ y ‘Variable’, sean distintos, complican el cálculo y la economía y/o seguridad que permite conseguirse por el hecho de esta diferencia, en mi opinión, no está justificada. Ejemplo:

	Peso	Coeficiente
Acción Permanente	0,6	0,6 x 1,5 = 0,90
Permanente de valor no constante	0,1	0,1 x 1,6 = 0,16
Variable	0,3	0,3 x 1,6 = 0,48

$g_{GQ} = 1,54$

El aumento o disminución de seguridad varía en más menos ± 7%. Tenemos para $g_{GQ}=1,55$, valor medio y la seguridad variará en ± 3,5%. Soy partidario de no complicar las cosas.

El “Título III Propiedades tecnológicas de los Materiales” en el “Capítulo VII. Durabilidad” y “Artículo 37º Durabilidad del hormigón y de las armaduras”, dedica el Punto “3.7.2” a la “Estrategia de la Durabilidad”.

En la “Tipificación de Hormigones” –punto 3.9.2.–, que se hace en función de cinco parámetros:

- T H.M. Hormigón en masa
- H.A. Hormigón armado
- H.P. Hormigón pretensado
- R Resistencia característica especificada en N/mm²
- C Letra inicial del tipo de consistencia, tal y como se define en 30.6
- TM Tamaño máximo del árido en milímetros definido en 28.3
- A Designación del ambiente según 8.2.5

El ambiente definido en 8.2.1., función de las Tablas del punto 8.2.2. es dato importante, necesario para la elección del hormigón y sus componentes. “El hormigón que se prescriba, deberá ser tal que, además de la resistencia mecánica, asegure el cumplimiento de los requisitos de durabilidad (contenido mínimo de cemento y relación agua/cemento máxima) correspondientes al ambiente del elemento estructural”.

El “Título II. Análisis estructural”. Incluye bastantes novedades, algunas de las cuales más que ‘instruir’ complican la aplicación de la Instrucción.

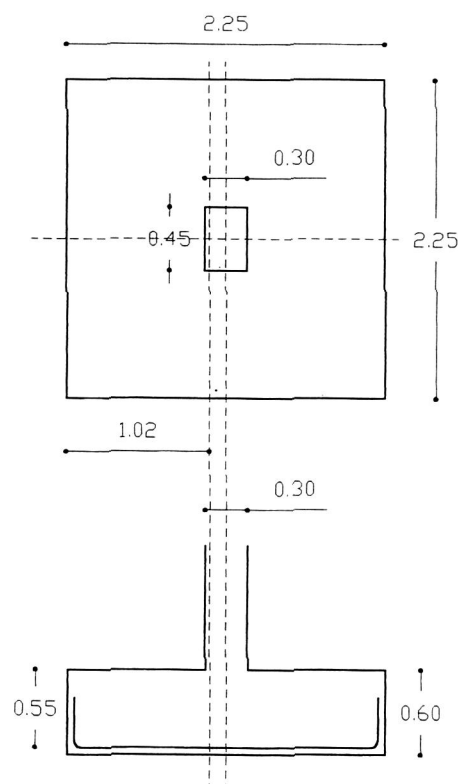
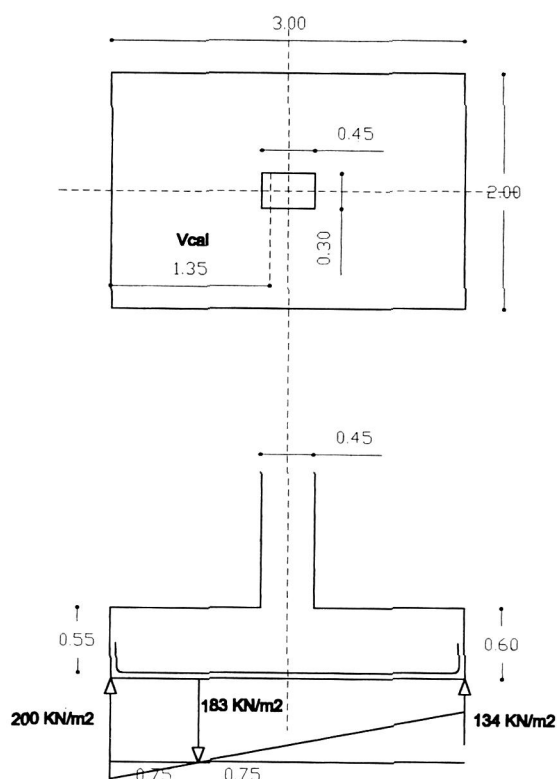
También el Título IV tiene bastantes variaciones. Para el control reducido del acero la resistencia de cálculo se multiplica por 0,75.

En la tipificación de los hormigones por su resistencia característica especificada ‘se recomienda utilizar la siguiente serie’:

20 – 25 – 30 – 35– 40– 45– 50

Las cifras indican la “resistencia característica especificada del hormigón a compresión a 28 días expresa en N/mm²”.

“La resistencia de 20 N/mm² se limita en su utilización a hormigones en masa”. Se reduce grandemente lo que se refiere a



“Retracción del hormigón” y “Fluencia del hormigón”, quedando con ambigüedad tal que hay que recurrir a otros documentos para poder calcularlas.

Se introduce un “Capítulo IX. Capacidad resistente de bielas, tirantes y nudo”, totalmente nuevo.

En el “Capítulo X, Cálculos relativos a los Estados Límites Últimos”.

No aparece el “Método simplificado del Momento tope”.

La cuantía mínima de armaduras se refiere solamente a los B400S y B500S, variando sensiblemente la correspondencia a ‘Losas’ y ‘Muros’.

Quizá la variación más importante es la del “Artículo 44°. Estado Límite de Agotamiento frente a cortante”. Difiere prácticamente en su totalidad de la de la EH-91. Desaparece el concepto de “Resistencia virtual de cálculo del hormigón a esfuerzo cortante”. En principio, lo complica bastante.

Es también, más extenso y complicado el “Artículo 45°. Estado Límite de Agotamiento por torsión en elementos lineales”.

También varía el “Artículo 46°. Estado Límite de Punzonamiento”.

Se introducen el “Estado Límite de Agotamiento por esfuerzo rasante en juntas entre hormigones” y “Estado Límite de Fatiga”.

También existen variaciones en el “Capítulo XI. Cálculos relativos a los Estados Límites de Servicio”, apareciendo un punto “4.9.3.- Limitación de la fisuración por esfuerzo cortante”, y “4.9.4.- Limitación de la fisuración por torsión”, que no existían.

En el Artículo 50°. “Estado Límite de Deformación”, en el punto “50.2.2.1.- Cantos mínimos” y “Tabla 50.2.2.1.” se establecen relaciones L/d para que “no sea necesaria la comprobación de flechas”.

El “Capítulo XII. Elementos estructurales”. Tiene variaciones y novedades. Aparece un “Artículo 53°. Forjados”. Deben cumplir su propia Instrucción EF-96 y “en lo que no se oponga a ello, los preceptos de esta Instrucción”.

El “Artículo 54° Vigas”. No dice prácticamente de vigas en T.

Las Placas o Losas, reducen sus prescripciones excesivamente y se complica la aplicación de esta Instrucción.

Aparece un “Artículo 57°.- Muros” que antes no existía. Dice demasiado poco.

El “Artículo 59°. Elementos de cimentación” presenta considerables variaciones. Desaparecen los tres tipos de zapatas y encepados de la EH-91.

Se establece “59.2.1. Cimentaciones rígidas” y “59.9.2.- Cimentaciones flexibles”.

En las cimentaciones rígidas el dimensionamiento de las armaduras y la comprobación de las condiciones en el hormigón, se hace definiendo un modelo de “bielas y tirantes”.

Sorprende leer en “Comentarios 59.4.1.1. Zapatas rígidas”:

“La determinación de la armadura puede también realizarse a partir del momento que producen las tensiones del terreno y el peso propio de la zapata o de las tierras que gravitan sobre ella cuando sean necesario en la sección S1 definida en 59.4.2.1.1. en ambas direcciones e independientemente”.

La Sección S1 es la “sección de referencia” para el Cálculo a flexión de los Cimientos flexibles”.

Para las “Cimentaciones flexibles” el método es sensiblemente igual a la EH-91.

Como nuevos elementos constructivos aparecen “59.2. Vigas de centrado y atado” y “59.6. Pilotes”. De ambos dice demasiado poco.

Las “Vigas de gran canto” Artículo 62°, se dimensionan las armaduras y comprueba el hormigón mediante “bielas y tirantes”.

Hay un nuevo “Artículo 64°. Elementos con empuje al vacío”. Muy breve.

El “Título V. Ejecución”. Presenta también muchas variaciones. En el punto 6.6.5. Anclaje de armaduras, se dice: “Deberá continuarse hasta los apoyos al menos un tercio de la armadura necesaria para resistir el máximo momento positivo, en el caso de apoyos

extremos de vigas; y al menos un cuarto den los intermedios. Esta armadura se prolongará a partir del eje del apoyo en una magnitud igual a la correspondiente longitud neta de anclaje reducida. Desaparece, sin embargo, C en comprobación de la tensión adherencia-hormigón que justificaba el perímetro mínimo de las barras que debían llegar al apoyo. Es nuevo y significativo el “Artículo 85°. Control de las especificaciones relativas a la durabilidad del hormigón”, y de ella el punto “85.2. Controles y ensayos”, que hace referencia, entre otras, al “control de la profundidad de penetración de agua” y el “85.3.” a “Criterios de valoración”.

El artículo 88°: “Ensayos de control de hormigón” varía totalmente del Artículo 69° “Ensayos de control del hormigón”.

Desaparecen los “Ensayos de control a nivel intenso” y se establecen tres modalidades:

Modalidades	Control
1	Nivel reducido
2	Control al 100 por 100, cuando se conozca la resistencia de todas las amasadas
3	Control estadístico del hormigón, cuando sólo se conoce la resistencia de una fracción de las amasadas que se colocan.

Artículo 90°: Control de la calidad del acero.
Se suprime el “Ensayo de Control a Nivel Intenso”.
Para la resistencia de cálculo del acero con, “control a nivel reducido” se toma:

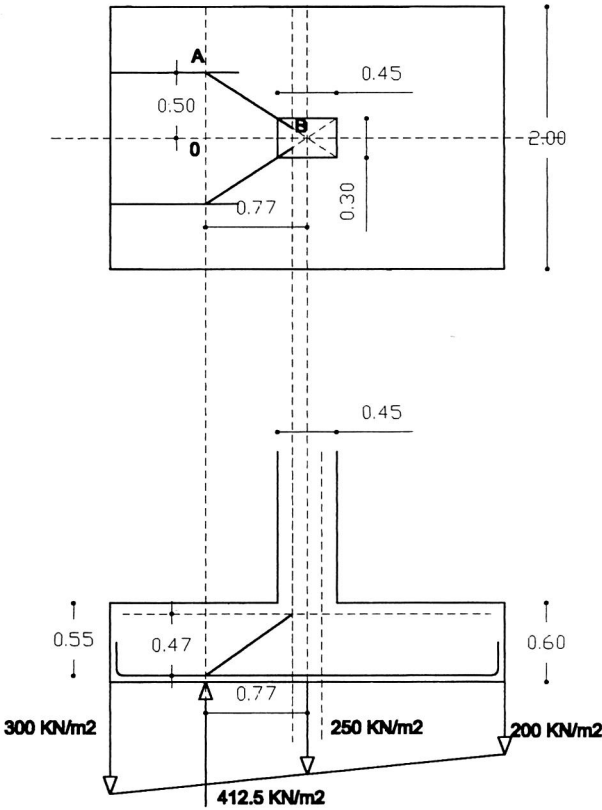
$$0,75 = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

En el “Capítulo XVI.- Control de ejecución” en 95.1., establece que “para la ejecución se redactará un Plan de Control dividiendo la obra en lotes”.
En la “Tabla 95.1.a.”. se fija el Tamaño del lote en función del Tipo de Obra; y en la “Tabla 91.b. Comprobaciones que deben efectuarse durante la ejecución”, establece tres grupos:

- Generales para todo tipo de obra.
- Especificaciones para forjados de edificación,
- Específicas de prefabricación.

La EHE contiene 13 anejos. Desaparecen de la EH-91 el Anejo 2.- Definiciones y al Anejo 5. “Homologación de la adherencia de barras corrugadas”; el Anejo 7. “Método de cálculo simplificado del momento tope”.

- Como nuevas en la EHE son las siguientes.
- Anejo 5. Métodos de ensayo para determinar la agresividad de aguas y suelos al hormigón.
- Anejo 8. Cálculo simplificado de secciones en Estado Límite de Agotamiento frente a sollicitaciones normales.
- Anejo 9. Análisis de secciones fisuradas en servicio sometidas a flexión simple.
- Anejo 10. Tolerancias. Muy extensa y que ‘a priori’ considero muy útil e interesante.



- Anejo 11. Recomendaciones para hormigón de alta resistencia. Complementos al texto de esta Instrucción.
- Anejo 12. Requisitos especiales recomendados para estructuras sometidas a acciones sísmicas.
- Anejo 13. Documento Nacional de Aplicación (DNA) de la Norma UNE-EN. 1992-1-1. Experimental, cuya finalidad es hacer factible el uso de esta norma, que actualmente tiene el carácter de experimental y de uso no obligatorio. Existen diferencias entre el D.N.A. y la EHE. Por ejemplo Cuantías geométricas mínimas Tabla 423.5 EHE y 45.5 pp. 43.4 D.N.A. En esta figuran también cuantías máximas.
- Es evidente que las novedades y variaciones de la EHE, son muchas más que las que aquí se detallan, fruto de una primera lectura.
- Sin duda quedan por reseñar novedades más importantes.
- Queda claro que la aplicación de la nueva EHE necesita una lectura mucho más detenida y que para su eficacia sería necesario divulgarla con muchas aclaraciones.