

SERIE GUÍAS EUROCÓDIGOS

Guía para las especificaciones técnicas de las armaduras



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRANSPORTES, MOVILIDAD
Y AGENDA URBANA

SECRETARÍA DE ESTADO
DE TRANSPORTES, MOVILIDAD
Y AGENDA URBANA
SECRETARÍA GENERAL
DE INFRAESTRUCTURAS

DIRECCIÓN GENERAL
DE CARRETERAS

U
23

SERIE GUÍAS EUROCÓDIGOS

Guía para las especificaciones técnicas de las armaduras



2023

Centro virtual de publicaciones del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana:

<https://cvp.mitma.gob.es>

Catálogo de publicaciones de la Administración General del Estado:

<https://cpage.mpr.gob.es>

Edita:

© Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana

Secretaría General Técnica

Centro de Publicaciones

NIPO (línea): 796-23-029-5

NIPO (papel): 796-23-030-8

Depósito Legal: M-7879-2023

Impreso en papel con gestión forestal certificada

La serie Guías Eurocódigos nació en el año 2018 con el objetivo de contribuir a que la comunidad técnica española tenga un conocimiento más profundo de los distintos Eurocódigos y, en última instancia, contribuir a facilitar la aplicación de estas normas europeas en los proyectos de la Dirección General de Carreteras.

Ahora, cuatro años después, se publican cinco nuevas guías de la serie, dedicadas a las especificaciones técnicas de los materiales y a otros aspectos relacionados con los mismos:

- Guía para las especificaciones técnicas del hormigón.
- Guía para las especificaciones técnicas del acero estructural.
- Guía para las especificaciones técnicas de las armaduras.
- Guía para la determinación de longitudes de anclaje y solape de armaduras pasivas.
- Guía para la determinación de recubrimientos en estructuras de hormigón.

Mediante las especificaciones técnicas de los materiales en proyecto se hacen coincidir las características requeridas contractualmente con las propiedades esperadas y admitidas en el cálculo y, del mismo modo ocurre con las exigencias de durabilidad para el uso previsto en las condiciones de ambiente que corresponda.

Entre 2018 y 2022 se han producido dos hitos importantes en el ámbito de la normativa estructural española: en 2019, entró en vigor la Orden Circular 1/2019 sobre aplicación de los Eurocódigos a los proyectos de carreteras, según la cual los puentes y obras geotécnicas de la Red de Carreteras del Estado deben proyectarse con los Eurocódigos estructurales, junto con sus correspondientes anejos nacionales; y, en 2021, entró en vigor el Código Estructural, que reconoce expresamente la validez del conjunto de los Eurocódigos para el proyecto estructural, si bien obliga al cumplimiento de los requisitos del Código en lo relativo a materiales, durabilidad, ejecución, control de calidad y mantenimiento.

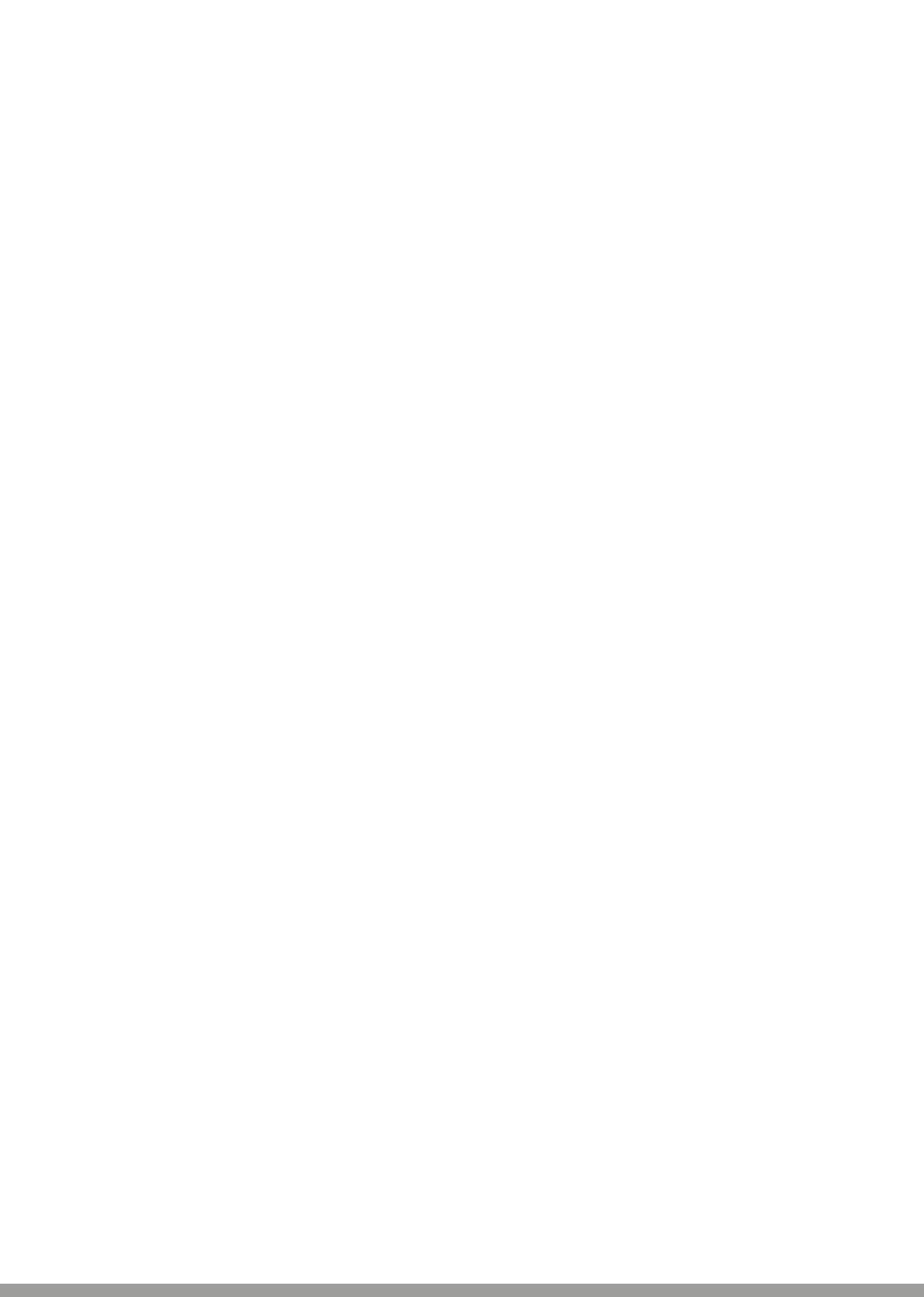
La necesidad de resolver la compatibilidad entre las normas europeas de producto, ejecución y control, citadas en los Eurocódigos, con el Código Estructural ha motivado la preparación de las cinco nuevas guías que ahora se publican, con las cuales se resuelven las discrepancias puntuales y, cada una en su campo, contiene las indicaciones necesarias para asegurar el cumplimiento de ambos Códigos. Se convierten así en textos de referencia obligados en la redacción de proyectos de la RCE.

Esta guía indica cómo se deben designar las armaduras tanto pasivas como activas y cómo se debe elaborar el cuadro de especificaciones técnicas de estos materiales para que quede asegurado el cumplimiento tanto de los Eurocódigos como del Código Estructural.

Ha sido redactada por Miguel Ortega Cornejo y Maria João Freitas (IDEAM) y Álvaro Serrano Corral (MC2), bajo la dirección de Pilar Crespo Rodríguez por parte de la Dirección General de Carreteras.

Mayo de 2022

EL DIRECTOR GENERAL DE CARRETERAS
Javier Herrero Lizano



PREÁMBULO

Los Eurocódigos estructurales

La Comisión Europea puso en marcha en 1981 la redacción de un código estructural europeo común que culminó con la aparición en 1984 de unos textos que constituyen el embrión de los actuales Eurocódigos. La evolución desde esos primeros textos hasta los vigentes ha sido muy significativa, no solo en su contenido, sino en el grado de aceptación y reconocimiento por parte de la comunidad técnica europea y mundial.

En la década de los 90, el Comité Europeo de Normalización (CEN) elaboró, por mandato de la Comisión Europea, un nuevo conjunto de Eurocódigos, que se publicaron con carácter experimental (normas ENV). Fue entre los años 2002 y 2007, cuando tuvo lugar la aparición de los Eurocódigos estructurales, en la versión que actualmente conocemos, como normas EN (normas UNE-EN en España).

En 2015, se inician los trabajos de redacción de la denominada segunda generación de Eurocódigos, con el objeto de incorporar un conjunto de mejoras relevantes después de más de una década de uso. Los textos finales de estas normas están ya disponibles en 2022 y deben pasar por un proceso de aprobación con participación de todos los países europeos, que se extenderá hasta 2025.

La aplicación de los Eurocódigos

Aunque los Eurocódigos tienen carácter voluntario por tratarse de normas EN, progresivamente se han ido convirtiendo en el código estructural único en Europa y su cumplimiento es exigido en la práctica totalidad de los países europeos, bien por vía reglamentaria o bien de forma contractual.

Hay que destacar que sucesivas directivas y recomendaciones de la Unión Europea han hecho referencia expresa a los Eurocódigos y a la importancia de su adopción por los Estados miembro, como forma de "facilitar la provisión de servicios en el campo de la construcción creando un sistema armonizado de reglas generales". Dice también la Comisión Europea que los Estados miembro "deben reconocer que, en el caso de las obras de construcción proyectadas con los métodos de cálculo descritos en los Eurocódigos, existe una presunción de conformidad con el requisito esencial de resistencia mecánica y estabilidad" (DOUE, 19 de diciembre de 2003).

Además, en el caso de los proyectos de obras públicas, la *Directiva de Contratación Pública*, transpuesta al ordenamiento jurídico español por la *Ley de Contratos del Sector Público*, establece la preeminencia de las normas nacionales que incorporan normas europeas (UNE-EN, en el caso español) sobre cualquier otra especificación técnica nacional. En aplicación de dicha ley, la Dirección General de Carreteras exige desde el año 2019 la aplicación de los

Eurocódigos en los proyectos de estructuras y obras geotécnicas de la red de carreteras del Estado (Orden Circular 1/2019, de fecha de 18 de marzo de 2019).

La serie guías Eurocódigos

El uso creciente y generalizado de los Eurocódigos en los países de nuestro entorno ha dado lugar a la publicación de numerosos manuales, guías y ejemplos de aplicación de estas normas. En España, desde hace ya bastantes años, los Eurocódigos se han convertido en textos de referencia en la enseñanza universitaria y han ido apareciendo publicaciones diversas relativas a los mismos, entre las que cabe citar algunos números monográficos en revistas especializadas.

La serie denominada Guías Eurocódigos que aquí se presenta es una iniciativa pionera en nuestro país. Su objeto es contribuir a que la comunidad técnica española tenga un conocimiento más profundo de los distintos Eurocódigos y, en última instancia, facilitar su aplicación en los proyectos de la Dirección General de Carreteras.

La serie está planteada como un conjunto abierto de publicaciones que irá creciendo en función de las necesidades de aclaración que puedan surgir a la hora de aplicar los Eurocódigos.

En su elaboración se ha supuesto que el lector está familiarizado con los Eurocódigos correspondientes y es conocedor de los conceptos ingenieriles en los que se sustentan. Para evitar en lo posible la repetición de cláusulas, las guías necesitarán ser leídas junto con los propios Eurocódigos y con sus respectivos anejos nacionales españoles.

Las normas UNE están sujetas a derecho de propiedad intelectual por parte de la Asociación Española de Normalización. Esta guía reproduce parcialmente el contenido de algunas normas UNE-EN por acuerdo con dicha Asociación.

La Guía para las especificaciones técnicas de las armaduras

Desde la entrada en vigor de la Orden Circular 1/2019, las estructuras de la red de carreteras del Estado deben proyectarse con los Eurocódigos y, por tanto, las especificaciones de los materiales deben efectuarse de acuerdo con estas normas. A su vez, el Real Decreto 470/2021 de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural, establece en su disposición adicional segunda que, cuando se proyecte con los Eurocódigos, "además, se cumplirán las prescripciones recogidas en este Código relativas a los materiales, la durabilidad, la ejecución, el control de calidad y el mantenimiento de la estructura".

En la *Guía para las especificaciones técnicas de las armaduras* se definen los requisitos necesarios de las armaduras para hormigón, tanto pasivas como activas, para una adecuada especificación de las mismas de acuerdo con los Eurocódigos. Mediante la especificación del acero de las armaduras se garantiza que el material presenta las propiedades espera-

das y admitidas en el cálculo y que se satisfacen las exigencias geométricas, mecánicas y de durabilidad para el uso previsto. La guía se ha desarrollado con el objetivo de facilitar la aplicación del Eurocódigo 2 junto con las normas UNE-EN 10080:2006 para armaduras pasivas y prEN 10138 para armaduras activas, asegurando a su vez la compatibilidad con el Código Estructural. Incluye, para ello, un análisis de la equivalencia entre los parámetros definidos en cada una de las normas.

Los criterios para el proyecto de estructuras de hormigón están definidos en el Eurocódigo 2 (UNE-EN 1992), que consta de cinco partes. En la redacción de esta guía, se ha tenido como referencia la parte 1 (UNE-EN 1992-1-1), que establece las reglas generales y reglas para edificación, y la parte 2 (UNE-EN 1992-2), que establece los criterios para el proyecto de puentes de hormigón. Los aspectos relacionados con especificaciones, prestaciones, producción y conformidad del acero para armaduras pasivas y activas se rigen por las normas UNE-EN 10080:2006 y prEN 10138, respectivamente, que son las normas citadas por el Eurocódigo 2 como referencia para las armaduras. Todas las referencias a la norma UNE-EN 10080 contenidas en esta guía corresponden a su versión UNE-EN 10080:2006. De la misma manera, todas las referencias a la norma prEN 10138 contenidas en esta guía corresponden a su versión de septiembre de 2000, versión vigente en el momento de publicación, a nivel europeo, del actual Eurocódigo 2, con ciertas actualizaciones indicadas explícitamente, derivadas del desarrollo posterior de la prenorma indicada, ampliamente aceptadas por la industria. La referencia a tablas, en todo caso, se refiere a la versión de septiembre de 2000.



ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN	11
1.1. Objeto y ámbito de aplicación	11
1.2. Contenido de la guía	11
2 DEFINICIÓN DEL CUADRO DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS ARMADURAS PASIVAS SEGÚN LOS EUROCÓDIGOS	13
2.1. Formato de designación del acero para armaduras pasivas según la UNE-EN 10027	13
2.2. Requisitos básicos para la especificación de las armaduras pasivas para hormigón según la UNE-EN 10080	14
2.3. Requisitos adicionales para la especificación de las armaduras pasivas para hormigón según la UNE-EN 10080	15
2.4. Otros requisitos a incluir en el cuadro de especificaciones técnicas	16
2.5. Requisitos mínimos a incluir en el cuadro de especificaciones técnicas.....	16
2.5.1 Tipo de armadura.....	16
2.5.2 Límite elástico	17
2.5.3 Clase.....	18
2.5.4 Especificaciones adicionales.....	19
2.5.5 Nivel de control.....	19
2.5.5.1 Nivel de control de conformidad de las armaduras pasivas durante el suministro.....	19
2.5.5.2 Nivel de control de ejecución.....	20
2.5.6 Coeficiente parcial.....	20
2.5.7 Notas generales a incluir.....	22
3 DEFINICIÓN DEL CUADRO DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS ARMADURAS ACTIVAS SEGÚN LOS EUROCÓDIGOS.....	23
3.1. Formato de designación del acero para armaduras activas según la UNE-EN 10027	24
3.2. Requisitos básicos para la especificación de las armaduras activas para hormigón según la prEN 10138	25
3.3. Requisitos adicionales para la especificación de las armaduras activas para hormigón según la prEN 10138.....	26
3.4. Otros requisitos a incluir en el cuadro de especificaciones técnicas	26
3.5. Requisitos mínimos a incluir en el cuadro de especificaciones técnicas.....	26

3.5.1	Tipo de armadura	27
3.5.2	Resistencia a tracción	27
3.5.3	Tipo de elemento	30
3.5.4	Diámetro nominal	30
3.5.5	Tratamiento superficial del elemento	34
3.5.6	Nivel de control	34
3.5.6.1	Nivel de control de conformidad del acero para armaduras activas durante el suministro	34
3.5.6.2	Nivel de control de ejecución	35
3.5.7	Coefficiente parcial	35
3.5.8	Notas generales a incluir	37
4	EQUIVALENCIA ENTRE LA ESPECIFICACIÓN DE LAS ARMADURAS PARA HORMIGÓN SEGÚN LOS EUROCÓDIGOS Y EL CÓDIGO ESTRUCTURAL.....	39
4.1.	Equivalencia entre la especificación del acero pasivo para armaduras según los Eurocódigos y el Código Estructural.....	39
4.2.	Equivalencia entre la especificación del acero activo para armaduras según los Eurocódigos y el Código Estructural.....	42
4.2.1	Acero activo en alambres	42
4.2.2	Acero activo en barras	43
4.2.3	Acero activo en cordones	44
5	RESUMEN DE LA GUÍA Y EJEMPLO DE CUADRO DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS ARMADURAS	47
5.1.	Resumen de la guía.....	47
5.2.	Ejemplo de cuadro de especificaciones técnicas de las armaduras.....	51

1

INTRODUCCIÓN

1.1 Objeto y ámbito de aplicación

Esta guía tiene como objeto facilitar la aplicación de los Eurocódigos al proyecto de obras de construcción en España, ayudando a definir adecuadamente el cuadro de especificaciones técnicas de las armaduras para hormigón mediante la selección de los requisitos correspondientes, de acuerdo con los Eurocódigos y normas UNE-EN asociadas, y asegurando al mismo tiempo el cumplimiento de los requisitos establecidos a este respecto en el Código Estructural.

Mediante la especificación del acero para las armaduras para hormigón se garantiza que el material presenta las propiedades esperadas y admitidas en el cálculo y que se satisfacen las exigencias geométricas, mecánicas y de durabilidad para el uso previsto. La especificación de las armaduras para el hormigón debe reflejarse tanto en los planos (cuadro de especificaciones técnicas) como en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto.

1.2 Contenido de la guía

Esta guía se estructura en cinco capítulos. En el primer capítulo, Introducción, se explica el objeto, ámbito y contenido de este documento.

En los capítulos 2 y 3 se exponen los requisitos recogidos por las normas UNE-EN 10080 y prEN 10138 para la especificación de las armaduras para el hormigón. Además, se incluyen algunos requisitos adicionales que se consideran de necesaria definición para obtener una especificación de este material lo más completa posible.

Con el objetivo de compatibilizar la especificación de las armaduras para el hormigón definida en los Eurocódigos y la definida en el Código Estructural (en cumplimiento de la disposición adicional segunda del RD de aprobación), una vez descritos los requisitos y los criterios para su definición de acuerdo con los Eurocódigos, se procede, en el capítulo 4, a describir la equivalencia entre la especificación técnica de las armaduras mediante los Eurocódigos y la

especificación técnica de las armaduras mediante el Código Estructural. En este capítulo se exponen las diferencias y compatibilidades existentes entre las dos normas.

A modo de resumen y de forma compacta, se incluye en el capítulo 5 la información necesaria para la definición de un cuadro de especificaciones técnicas de las armaduras para el hormigón y se concreta, además, un ejemplo de cuadro de especificaciones técnicas de armaduras según los Eurocódigos (UNE-EN 1992-1-1, UNE-EN 10080:2006 y prEN 10138).

Si bien esta guía trata de ser un documento orientado a la aplicación de los Eurocódigos, a lo largo de sus capítulos se incluye información (criterios, comentarios, recomendaciones, etc.) extraída del Código Estructural. Para facilitar la distinción entre el contenido extraído del Código Estructural y el contenido de los Eurocódigos, el primero se destaca en **color verde** en todo el documento.

Por motivos de concisión, la guía no trata las armaduras pasivas de acero inoxidable que, en caso de usarse, se deberán especificar con los aceros indicados en el artículo 34.4 del Código Estructural y de acuerdo con la norma UNE-EN 10088:2015.

2

DEFINICIÓN DEL CUADRO DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS ARMADURAS PASIVAS SEGÚN LOS EUROCÓDIGOS

En este capítulo se incluyen directrices para la elección de los requisitos a incluir en la especificación de las armaduras pasivas para el hormigón de acuerdo con los Eurocódigos y se recogen los criterios de las normas y algunas recomendaciones a tener en cuenta en la definición de cada requisito.

De acuerdo con la norma UNE-EN 1992-1-1, la norma de referencia para la definición de especificaciones, prestaciones, producción y conformidad de las armaduras pasivas para el hormigón es la UNE-EN 10080, (su versión vigente en la actualidad es la UNE-EN 10080:2006 y esta guía refiere siempre a esta versión), por lo que las indicaciones incluidas en este capítulo tienen como referencia dichas normas. En caso de utilizar aceros para armaduras no conformes con la norma UNE-EN 10080:2006, sus propiedades siempre deben ser conformes con los apartados 3.2.2, 3.2.6 y el Anexo C de la norma UNE-EN 1992-1-1.

La designación de los aceros para armaduras pasivas se trata en la norma UNE-EN 10027:2017.

2.1 Formato de designación del acero para armaduras pasivas según la UNE-EN 10027

La designación de aceros para armaduras pasivas según Eurocódigos se realiza de acuerdo con el contenido de la norma UNE-EN 10027-1:2017.

Esta norma establece las reglas para la designación simbólica de los aceros, en general, mediante caracteres alfanuméricos que expresan la aplicación y sus características principales, de tipo mecánico, físico o químico, para identificar de forma abreviada los aceros.

En el ámbito de esta norma, se empleará la designación simbólica calificada como categoría 1, en función de la utilización y características mecánicas o físicas del acero.

De acuerdo con la Tabla 5 de la citada norma, la designación del acero para armaduras pasivas se debe ajustar al siguiente formato:

Bnnn an +an1 +an2 ...

siendo:

- B* el símbolo principal correspondiente a aceros para hormigón armado.
- nnn* el símbolo principal correspondiente al límite elástico característico [MPa].
- +an1* el símbolo adicional correspondiente al grupo 1:
 - Clase de ductilidad seguida, si fuera necesario, de una o dos cifras.
- +an2* el símbolo adicional correspondiente a características especiales del acero según la Tabla 18 de la norma¹:
 - Condición de tratamiento térmico del acero.

2.2 Requisitos básicos para la especificación de las armaduras pasivas para hormigón según la UNE-EN 10080

El autor del proyecto debe asegurarse que todos los requisitos para la obtención de las propiedades de las armaduras pasivas para el hormigón están incluidos en la especificación definida en el proyecto.

La designación de las armaduras pasivas según los Eurocódigos se establece en la norma UNE-EN 10027-1:2017.

La especificación de las armaduras para hormigón según los Eurocódigos se establece en la norma UNE-EN 10080.

Los requisitos que se aplican y son exigibles para la designación de cada tipo de acero se establecen en el Anexo C de la norma UNE-EN 1992-1-1, en el apartado 7 de la norma europea UNE-EN 10080:2006 y en el apartado 7 de la norma UNE-EN 10027. De acuerdo con dicha

¹ Este segundo grupo de símbolos adicionales es de uso muy inhabitual

norma, la especificación de las armaduras para hormigón debe incluir los siguientes requisitos básicos (símbolos principales y símbolos adicionales) en función de su utilización y de sus características mecánicas y físicas, a indicar en todos los casos:

- Tipo de armadura al que se le aplica: barras rectas, rollos de armadura en bobinas, mallas electrosoldadas, o de forma simplificada, todos los elementos.
- Valor mínimo especificado del límite elástico característico, entre 400 y 600 MPa, según la Tabla C1 del Anexo C de la norma UNE-EN 1992-1-1.
- Clase, según las propiedades de ductilidad del acero: A, B y C, según la Tabla C1 del Anexo C de la norma UNE-EN 1992-1-1.
- Especificaciones adicionales relativas a condiciones particulares sobre propiedades mecánicas y de fatiga, más restrictivas que las indicadas en la Tabla C1 del Anexo C de la norma UNE-EN 1992-1-1.

Además, las características del acero para armaduras pasivas deben hacerse acompañar de una referencia a la necesidad de cumplimiento de la norma UNE-EN 10080:2006.

2.3 Requisitos adicionales para la especificación de las armaduras pasivas para hormigón según la UNE-EN 10080

De acuerdo con el apartado 7 de UNE-EN 10080, cuando sea necesario, y adicionalmente a los requisitos básicos definidos anteriormente, la especificación de las armaduras pasivas para el hormigón podrá incluir los siguientes requisitos adicionales relativos a prestaciones y métodos de ensayo:

- Soldabilidad.
- Composición química.
- Condiciones de ensayo.
- Resistencia a tracción.
- Módulo de elasticidad.
- Carga de despegue en las uniones para mallas electrosoldadas.
- Resistencia a fatiga, en caso de que no se haya especificado previamente.
- Aptitud al doblado.
- Etc.

2.4 Otros requisitos a incluir en el cuadro de especificaciones técnicas

Adicionalmente a los requisitos básicos y a los requisitos adicionales indicados por la norma UNE-EN 10080:2006, como criterio de buena práctica y para una definición más completa del material, se debe incluir en el cuadro de especificaciones técnicas los siguientes requisitos:

- Nivel de control de las propiedades de las armaduras durante el suministro y el nivel de control de ejecución.
- Coeficiente parcial de las armaduras pasivas.

2.5 Requisitos mínimos a incluir en el cuadro de especificaciones técnicas

Teniendo en cuenta lo indicado en los apartados 2.2, 2.3 y 2.4, los requisitos mínimos a incluir en el cuadro de especificaciones técnicas de las armaduras pasivas para el hormigón son los siguientes:

- Tipo de armadura.
- Límite elástico.
- Clase.
- Especificaciones adicionales.
- Nivel de control.
- Coeficiente de seguridad parcial.

En los apartados siguientes, se proporciona la información necesaria para la correcta definición de los requisitos mínimos que debe incluir el cuadro de especificaciones técnicas de las armaduras pasivas para el hormigón para proyectos de puentes de carretera. Adicionalmente, y cuando sea pertinente, se podrán incluir otros requisitos definidos por UNE-EN 10080 e indicados en el apartado 2.3 de esta guía.

2.5.1 Tipo de armadura

Los tipos de armaduras pasivas que se pueden emplear son:

- Barras rectas.
- Rollos de armadura en bobinas.
- Mallas electrosoldadas.
- Mallas electrosoldadas en celosía.

Además de la inclusión de esta información será preciso diferenciar, en caso necesario, los distintos tipos de armadura que se pueden utilizar en una obra. Cuando se emplee el mismo acero para todos los tipos de armadura pasiva, se puede indicar simplificadaamente: todos los elementos.

2.5.2 Límite elástico

La clasificación del acero para armaduras pasivas respecto a su límite elástico característico a tracción se deberá definir de acuerdo con la Tabla 5 de la norma UNE-EN 10027:2017 y la Tabla C1 del Anexo C de la norma UNE-EN 1992-1-1.

El criterio para la definición de la clase de resistencia de un acero para armaduras pasivas es el siguiente:

$$B_{nnn} \text{ (acero pasivo)}$$

donde:

nnn es el valor mínimo especificado del límite elástico característico [MPa]

Tabla 1 Valores del límite elástico característico mínimo del acero pasivo
(Tabla C1 UNE-EN 1992-1-1)

Forma del producto	Límite elástico característico $f_{y,k}$ [MPa]	Cuantil [%]
Barras	400 a 600	5,0
Rollos de armadura en bobinas		
Mallas electrosoldadas		

Los valores del límite elástico aptos para el uso con la norma UNE-EN 1992-1-1 se fijan entre 400 y 600 MPa.

El límite elástico característico se evalúa con respecto al cuantil del 5 %.

De acuerdo con el artículo 34 del Código Estructural, el límite elástico característico del acero para armaduras pasivas será 400 MPa o 500 MPa.

Tabla 2 Valores del límite elástico característico mínimo del acero pasivo, según el Código Estructural (Tabla 34.2.a Código Estructural)

Tipo de acero	Acero soldable		Acero soldable con características especiales de ductilidad	
	Designación	B 400 S	B 500 S	B 400 SD
Límite elástico f_y [MPa]	≥ 400	≥ 500	≥ 400	≥ 500
Carga unitaria de rotura, f_s [MPa]	≥ 440	≥ 550	≥ 480	≥ 575

2.5.3 Clase

La clase de un acero para armaduras pasivas es una medida de su comportamiento elasto-plástico y, sobre todo, de su ductilidad.

La clase del acero para armaduras pasivas se deberá definir de acuerdo con la Tabla C1 del Anexo C de la norma UNE-EN 1992-1-1, en las categorías A, B o C. Estas categorías quedan definidas por dos propiedades mecánicas:

- Valor mínimo de la ductilidad, $k = (f_t/f_y)_k$
- Deformación unitaria característica a fuerza máxima, ϵ_{uk} (%)

Los valores de referencias de estas propiedades para cada clase son los siguientes:

Tabla 3 Propiedades de las clases de acero para armaduras pasivas (Tabla C1 UNE-EN 1992-1-1)

Clase	Valor mínimo de la ductilidad $k = (f_t/f_y)_k$	Deformación unitaria característica a fuerza máxima ϵ_{uk} [%]
A	$k \geq 1,05$	$\epsilon_{uk} \geq 2,5 \%$
B	$k \geq 1,08$	$\epsilon_{uk} \geq 5,0 \%$
C	$1,35 \geq k \geq 1,15$	$\epsilon_{uk} \geq 7,5 \%$

Las propiedades anteriores se evalúan con respecto al cuantil del 10 %.

El Código Estructural considera la necesidad de cumplir valores mínimos adicionales a los indicados en la norma UNE-EN 1992-1-1, según se expondrá en el apartado 4.1.

La correspondencia entre los requerimientos definidos en el Código Estructural y las clases especificadas para el acero para armaduras pasivas por la norma UNE-EN 1992-1-1 se puede consultar en el apartado 4 de esta guía.

2.5.4 Especificaciones adicionales

Pueden indicarse especificaciones adicionales que debe cumplir el material, de acuerdo con la Tabla C2 del Anexo C de la norma UNE-EN 1992-1-1:

- Rango de la tensión de fatiga (para $N \geq 2 \cdot 10^6$ ciclos), con valor máximo βf_{yk} [MPa].
- Área mínima relativa de las corrugas $f_{r,min}$.

El Código Estructural, de acuerdo con la Tabla 34.2.a, considera otras variables que pueden incluirse como requisitos adicionales:

- Alargamiento mínimo en rotura, $\epsilon_{u,5}$ [%].
- Relación $f_{y,real} / f_{y,nominal}$.

2.5.5 Nivel de control

El nivel de control deberá ser definido de acuerdo con la normativa nacional vigente, que, en el caso de España y a la fecha de redacción de esta guía, es el Código Estructural. Por un lado, se deberá definir el nivel de control de la conformidad de las armaduras pasivas durante el suministro y, por otro, el nivel de control de ejecución.

2.5.5.1 Nivel de control de conformidad de las armaduras pasivas durante el suministro

El control de conformidad del acero para armaduras pasivas durante el suministro, cuyos criterios se pueden consultar en el artículo 58 del Código Estructural, incluye el control de la resistencia, capacidad de doblado y desdoblado, la determinación de la masa por metro de longitud, la determinación de las características geométricas de las corrugas, y en ciertos casos, también su composición química y comportamiento frente a fatiga y cargas cíclicas. El control de conformidad de las propias armaduras pasivas durante el suministro se recoge en el artículo 59 del Código Estructural.

En caso de que el acero para armaduras pasivas y las propias armaduras posean un distintivo de calidad oficialmente reconocido conforme a lo indicado en el artículo 18 del Código Estructural, no será preceptiva la verificación experimental de las propiedades de las armaduras pasivas.

Sin perjuicio de lo indicado en el Código Estructural, el plan de control podrá fijar los ensayos que considere pertinentes.

El control llevado a cabo según lo recogido en el Código Estructural se denominará: normal.

2.5.5.2 Nivel de control de ejecución

El nivel de control de ejecución identifica el nivel de control necesario para garantizar el nivel adecuado de seguridad de una estructura. El Código Estructural contempla, en sus artículos 14.3 y 22.4, dos niveles de control de la conformidad de los procesos de ejecución de las estructuras de hormigón: nivel normal y nivel intenso.

Tabla 4 Relación entre niveles de control y clases de ejecución
(Tabla 14.3.1 del Código Estructural)

Nivel de control de ejecución, según este Código	Clase de ejecución para los elementos de acero (conforme al apartado 91.2)
Intenso	Clase 3 o 4
Normal	Clase 2

De acuerdo con el artículo 14.3.1 del Código Estructural, y salvo indicación en contra de la reglamentación específica aplicable, se deberá exigir un nivel de control de ejecución intenso para los elementos de hormigón de puentes.

2.5.6 Coeficiente parcial

Los coeficientes parciales de ponderación de las armaduras pasivas para hormigón se definen en el apartado 2.4.2.4 (1) de UNE-EN 1992-1-1 (la parte 2 de UNE-EN 1992 remite a la parte general, la UNE-EN 1992-1-1, para la definición del coeficiente parcial), donde se indica que estos coeficientes se pueden definir también en el Anejo nacional. A continuación, se incluye la Tabla AN/1 del Anejo nacional de UNE-EN 1992-1-1 en la que se definen dichos coeficientes:

Tabla 5 Coeficientes parciales para la ponderación de los materiales en la comprobación de los Estados Límite Últimos (Tabla AN/1 Anejo nacional de UNE-EN 1992-1-1)

Situaciones de proyecto	γ_c , hormigón	γ_s , para armadura pasiva	γ_s , para armadura activa
Persistente o transitoria	1,5	1,15	1,15
Accidental	1,3	1,0	1,0

El Anejo nacional de UNE-EN 1992-1-1 indica también que en las comprobaciones relativas al Estado Límite de Fatiga deben adoptarse los valores de los coeficientes parciales de ponderación de las armaduras pasivas para la comprobación de los Estados Límite Últimos.

Los valores de los coeficientes parciales de ponderación de las armaduras pasivas indicados en la tabla anterior pueden reducirse. Para ello, se deberán cumplir los criterios del apartado

AN.4.3 del Anejo nacional de UNE-EN 1992-1-1 en relación con el sistema de control de calidad, que tiene como objetivo, entre otros, la reducción de la incertidumbre en la ejecución de los elementos y en la variación de las características de los materiales, entre otras.

En el caso particular de las armaduras pasivas, se podría plantear el empleo de un coeficiente parcial de ponderación reducido si se cumplen las siguientes condiciones (véase el apartado AN.4.3.3 del Anejo nacional de UNE-EN 1992-1-1):

- Se deberán cumplir las desviaciones reducidas recogidas en la tabla a continuación (Tabla A.1 de UNE-EN 1992-1-1):

Tabla 6 Desviaciones reducidas (Tabla A.1 UNE-EN 1992-1-1)

h o b [mm]	Desviaciones reducidas [mm]	
	Dimensiones de la sección transversal +/- Δh, Δb [mm]	Posición de la armadura +Δc [mm]
≤150	5	5
400	10	10
≥2500	30	20

NOTA 1: Se puede emplear una interpolación lineal para valores intermedios.

NOTA 2: +Δc se refiere al valor medio de las barras de la armadura pasiva o de la armadura activa en la sección transversal o sobre la anchura de un metro (por ejemplo, losas y muros).

- Que el acero empleado para la fabricación de las armaduras pasivas haya sido objeto de un sistema de certificación por una tercera parte, acreditado según UNE-EN 45011 y "conforme con el artículo 81º de la Instrucción de hormigón estructural EHE-08, aprobada por Real Decreto 1247/2008".
- Que las armaduras pasivas hayan sido objeto de un sistema de certificación por una tercera parte, acreditado según UNE-EN 45011 o UNE-EN ISO/IEC 17021 y "conforme con el artículo 81º de la Instrucción de hormigón estructural EHE-08, aprobada por Real Decreto 1247/2008".
- La ejecución de la estructura debe ser realizada con nivel de control intenso, "según lo indicado en el artículo 92º de la Instrucción de hormigón estructural, EHE-08, aprobada por Real Decreto 1247/2008".

Con la derogación de la EHE-08 (Real Decreto 470/2021, de 29 de junio), todas las referencias, en los anejos nacionales de los Eurocódigos, a la EHE-08 en temas relacionados con las propiedades de los materiales, durabilidad, ejecución, control de calidad y mantenimiento de las estructuras deben sustituirse por la referencia al Código Estructural, normativa que la sustituye. En este caso, la equivalencia entre los artículos de la Instrucción EHE y los correspondientes al Código Estructural son los siguientes:

- El artículo del Código Estructural que sustituye al artículo 81º de la EHE-08 es el artículo 18 (Garantía de la conformidad de productos y procesos de ejecución, distintivos de calidad).
- Los artículos del Código Estructural que sustituyen al artículo 92º de la EHE-08 son el artículo 22 (Control de la conformidad de los procesos de ejecución), el artículo 63 (Programación del control de ejecución en las estructuras de hormigón) y el Anexo 15 (Frecuencias de comprobación de las unidades de inspección en la ejecución de estructuras de hormigón).

2.5.7 Notas generales a incluir

Además de la definición de los requisitos que especifican el material, es conveniente incluir alguna información adicional en los cuadros de especificaciones técnicas de las armaduras pasivas para el hormigón relativas a:

- Vida útil de la estructura de 100 años (para puentes).
- Referencia a la norma UNE-EN 10080.
- Posible ajuste de los requisitos definidos en el cuadro de especificaciones técnicas en zonas particulares dentro de un elemento.

3

DEFINICIÓN DEL CUADRO DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS ARMADURAS ACTIVAS SEGÚN LOS EUROCÓDIGOS

En este capítulo se incluyen directrices para la elección de los requisitos a incluir en la especificación de las armaduras activas para el hormigón de acuerdo con los Eurocódigos y se recogen los criterios de las normas y algunas recomendaciones a tener en cuenta en la definición de cada requisito.

De acuerdo con la norma UNE-EN 1992-1-1, la norma de referencia para la definición de especificaciones, prestaciones, producción y conformidad de las armaduras activas para el hormigón es la prEN 10138, por lo que las indicaciones incluidas en este capítulo tienen como referencia dicha norma. En particular se emplearán las siguientes partes de la norma:

- prEN 10138-2: *Presstressing steel. Wire*. Para alambres de acero para armaduras activas de acero para pretensado.
- prEN 10138-3: *Presstressing steel. Strand*. Para cordones de acero para armaduras activas de acero para pretensado.
- prEN 10138-4: *Presstressing steel. Bars*. Para barras para armaduras activas de acero para pretensado.

Con carácter general, el contenido de la guía toma como referencia la versión de la norma prEN 10138 de septiembre de 2000, versión vigente en el momento de publicación, a nivel europeo, del Eurocódigo 2. Esta prenorma ha tenido un desarrollo posterior que, sin embargo, a fecha de publicación de esta guía aún no ha dado lugar a su consolidación como norma EN, estando, por el contrario, las versiones más recientes, ampliamente aceptadas por la industria del pretensado.

Para compatibilizar la existencia de diferentes versiones de la prenorma con los usos actuales de la industria, en aquellos casos que existan diferencias entre estos y lo especificado en la versión de septiembre de 2000 de prEN 10138, se ha indicado de forma explícita en los textos o tablas correspondientes, mediante el uso de cursiva. En estos casos, se recomienda el uso de la versión actualizada, en cursiva.

Finalmente, la designación de los aceros para armaduras activas se trata en la norma UNE-EN 10027-1:2017.

3.1 Formato de designación del acero para armaduras activas según la UNE-EN 10027

La designación de aceros para armaduras activas según Eurocódigos se realiza de acuerdo con el contenido de la norma UNE-EN 10027-1:2017 y se precisa en cada una de las normas prEN 10138.

Esta norma establece las reglas para la designación simbólica de los aceros, en general, mediante caracteres alfanuméricos que expresan la aplicación y sus características principales, de tipo mecánico, físico o químico, para identificar de forma abreviada los aceros.

En el ámbito de esta norma, se empleará la designación simbólica calificada como categoría 1, en función de la utilización y características mecánicas o físicas del acero.

De acuerdo con la Tabla 6 de la citada norma, la designación del acero para armaduras activas se debe ajustar al siguiente formato:

$$Ynnnn \text{ an } +an1 \text{ } +an2 \text{ } \dots$$

siendo:

- Y* el símbolo principal correspondiente a aceros para hormigón pretensado
- nnnn* el símbolo principal correspondiente al valor nominal de la resistencia a tracción, en MPa. Cuando la resistencia a tracción esté especificada con tres cifras, la primera debe ser un cero
- an* el símbolo adicional correspondiente al grupo 1:
 - Tipo de elemento:
 - C: Alambre estirado en frío.
 - S: Cordón (S3 o S7 para indicar el número de alambres en el cordón). Se puede completar con el símbolo G para indicar cordón compacto.
 - H: Barras laminadas en caliente o transformadas.
- +an1* el símbolo adicional correspondiente al diámetro nominal del elemento [mm].

+*an2* el símbolo adicional dependiente del tipo de elemento: I (indentado/grafilado) para alambres y cordones, A/B (clase), F1/F2 (clase de fatiga) y C1/C2 (clase de corrosión bajo tensión) para cordones y R/P (corrugado/liso) para barras.

3.2 Requisitos básicos para la especificación de las armaduras activas para hormigón según la prEN 10138

El autor del proyecto debe asegurarse que todos los requisitos para la obtención de las propiedades de las armaduras activas para el hormigón están incluidos en la especificación definida en el proyecto.

La designación del acero de las armaduras activas según los Eurocódigos se establece en la norma UNE-EN 10027-1:2017 y se precisa en cada una de las normas prEN 10138.

La especificación de las armaduras activas para hormigón según los Eurocódigos se establece en la norma prEN 10138.

Los requisitos que se aplican y son exigibles para la designación de cada tipo de acero se establecen en el apartado relevante de cada una de las normas prEN 10138-2 a prEN 10138-4 y en el apartado 7 de la norma UNE-EN 10027-1: 2017. De acuerdo con dicha norma, la especificación de las armaduras activas debe incluir los siguientes requisitos básicos (símbolos principales y símbolos adicionales) en función de su utilización y de sus características mecánicas y físicas, a indicar en todos los casos:

- Tipo de armadura al que se le aplica: alambres, cordones o barras.
- Valor mínimo especificado de la resistencia nominal a tracción [MPa].
- Tipo de elemento, según el apartado 4 de cada una de las normas prEN 10138.
- Diámetro nominal del elemento [mm].
- Símbolos adicionales relativos a condiciones particulares sobre propiedades de la armadura activa, según el apartado 4 de cada una de las normas prEN 10138.

Además, las características de las armaduras activas deben hacerse acompañar de una referencia a la necesidad de cumplimiento de la norma prEN 10138 o del documento de idoneidad técnica europeo (DITE/ETA) correspondiente de acuerdo con la EAD 160004-00-0301, emitido por un organismo autorizado y notificado.

3.3 Requisitos adicionales para la especificación de las armaduras activas para hormigón según la prEN 10138

De acuerdo con el apartado 6 de cada una de las normas prEN 10138, cuando sea necesario, y adicionalmente a los requisitos básicos definidos anteriormente, la especificación de las armaduras activas para el hormigón podrá incluir los siguientes requisitos adicionales relativos a prestaciones y métodos de ensayo:

- Elongación a carga máxima.
- Estricción.
- Máxima relajación a 1000 horas.
- Rango de tensiones para fatiga.
- Corrosión bajo carga.
- Resistencia al doblado.
- Etc.

3.4 Otros requisitos a incluir en el cuadro de especificaciones técnicas

Adicionalmente a los requisitos básicos y a los requisitos adicionales indicados por la norma prEN 10138, como criterio de buena práctica y para una definición más completa del material, se debe incluir en el cuadro de especificaciones técnicas los siguientes requisitos:

- Nivel de control de las propiedades de las armaduras durante el suministro y el nivel de control de ejecución.
- Coeficiente parcial de las armaduras activas.

3.5 Requisitos mínimos a incluir en el cuadro de especificaciones técnicas

En los apartados siguientes, se proporciona la información necesaria para la correcta definición de los requisitos mínimos que debe incluir el cuadro de especificaciones técnicas de las armaduras activas para proyectos de puentes de carretera:

- Tipo de armadura.
- Resistencia a tracción.
- Tipo de elemento.

- Diámetro nominal, en su caso.
- Tipo de tratamiento superficial del elemento, en su caso.
- Nivel de control.
- Coeficiente de seguridad parcial.

En los apartados siguientes, se proporciona la información necesaria para la correcta definición de los requisitos mínimos que debe incluir el cuadro de especificaciones técnicas de las armaduras activas para el hormigón para proyectos de puentes de carretera. Adicionalmente, y cuando sea pertinente, se podrán incluir otros requisitos definidos por prEN 10138 e indicados en el apartado 3.3 de esta guía.

3.5.1 Tipo de armadura

Los tipos de armaduras activas que se pueden emplear son:

- Alambres.
- Cordones.
- Barras.

En caso necesario se pueden diferenciar los rangos de diámetro nominal empleados en el proyecto.

De la misma manera se debe diferenciar, en caso necesario, los distintos tipos de armadura activa que se pueden utilizar en una obra.

3.5.2 Resistencia a tracción

La clasificación del acero para armaduras activas respecto a su resistencia nominal a tracción se deberá definir de acuerdo con la Tabla 6 de la norma UNE-EN 10027:2017 y el apartado 6 de cada una de las normas prEN 10138.

El criterio para la definición de la clase de resistencia de un acero para armadura activa es el siguiente:

Y nnnn (acero activo)

donde:

nnnn es el valor mínimo especificado de la resistencia nominal a tracción [MPa], según las tablas del apartado 6 de la norma prEN 10138 correspondiente.

Para **alambres de pretensado** los aceros utilizables en el ámbito de la norma prEN 10138-2 se indican en la Tabla 2 de dicha norma.

Tabla 7 Valores de la resistencia a tracción para alambres (Tabla 2 prEN 10138-2)

Designación	Valor mínimo de la resistencia nominal a tracción R_m [MPa]
Y 1860 C	1860
Y 1770 C	1770
Y 1670 C	1670
Y 1570 C	1570

La resistencia nominal a tracción será aquella que genere una deformación permanente del 0,1%.

De acuerdo con el artículo 36.3 del Código Estructural, los aceros utilizables en alambres de pretensado son los recogidos en la Tabla 36.3.a de dicha norma.

Tabla 8 Valores de la resistencia a tracción para alambres (Tabla 36.3.a del Código Estructural)

Designación	Serie de diámetros nominales [mm]	Carga unitaria máxima $f_{m\acute{a}x}$ [MPa], no menor que:
Y 1570 C	9,4 - 10,0	1570
Y 1670 C	7,0 - 7,5 - 8,0	1670
Y 1770 C	3,0 - 4,0 - 5,0 - 6,0	1770
Y 1860 C	4,0 - 5,0	1860

Para **cordones de pretensado** los aceros utilizables en el ámbito de la norma prEN 10138-3 se indican en la Tabla 2 de dicha norma:

Tabla 9 Valores de la resistencia a tracción para cordones (Tabla 2 prEN 10138-3)

Designación	Valor mínimo de la resistencia nominal a tracción R_m [MPa]
Y 2160 S	2160
Y 2060 S	2060
Y 1960 S	1960
Y 1860 S	1860
Y 1820 S	1820
Y 1770 S	1770
Y 1700 S	1700

De acuerdo con el artículo 36.5 del Código Estructural, los aceros aceptables para cordones de pretensado son los recogidos en las tablas 36.5.a y 36.5.b de dicha norma.

Tabla 10 Valores de la resistencia a tracción para cordones
(Tablas 36.5.a y 36.5.b del Código Estructural)

Cordones de 2 o 3 alambres		
Designación	Serie de diámetros nominales [mm]	Carga unitaria máxima f_p [MPa], no menor que:
Y 1770 S2	5,6 - 6,0	1770
Y 1860 S3	6,5 - 6,8 - 7,5	1860
Y 1960 S3	5,2	1960
Y 2060 S3	5,2	2060

Cordones de 7 alambres		
Designación	Serie de diámetros nominales [mm]	Carga unitaria máxima f_p [MPa]
Y 1770 S7	16,0	1770
Y 1860 S7	9,3 - 13,0 - 15,2 - 16,0	1860

Para **barras de pretensado** los aceros utilizables en el ámbito de la norma prEN 10138-4 se indican en la Tabla 1 de dicha norma:

Tabla 11 Valores de la resistencia a tracción para barras (Tabla 1 prEN 10138-4)

Designación	Valor mínimo de la resistencia nominal a tracción [MPa]
Y 1230 H	1230
Y 1100 H	1100
Y 1030 H	1030

De acuerdo con el artículo 36.4 del Código Estructural, los aceros aceptables para barras de pretensado deberán tener una resistencia a tracción nominal no menor que 980 MPa.

3.5.3 Tipo de elemento

Los tipos de armaduras activas que se pueden emplear son, de acuerdo con las normas prEN 10138, los siguientes:

- Alambres de pretensado: C.
- Cordones de pretensado: S.
 - Cordones de 3 alambres: S3.
 - Cordones de 7 alambres: S7.
 - Cordones de 7 alambres compactos: S7G.
- Barras: H.

El Código Estructural recoge los mismos símbolos para indicar el tipo de elemento, añadiendo a los anteriores el caso de cordones de 2 alambres: S2.

3.5.4 Diámetro nominal

Los diámetros nominales empleables para cada tipo de armadura activa se recogen en el apartado 6 de cada una de las normas prEN 10138 y son los siguientes, en relación con el tipo de acero empleado.

Tabla 12 Valores de diámetros nominales de alambres (Tabla 2 de prEN 10138-2)

Designación	Diámetros nominales [mm]	Área de la sección [mm ²]
Y 1860 C	3,0	7,07
	4,0	12,57
	5,0	19,63
Y 1770 C	3,2	8,04
	5,0	19,63
	6,0	28,27
Y 1670 C	6,9	37,39
	7,0	38,48
	7,5	44,18
	8,0	50,27
Y 1570 C	9,4	69,40
	9,5	70,88
	10,0	78,54

El Código Estructural también recoge los diámetros empleables para alambres de pretensado en la Tabla 36.3.a.

Tabla 13 Valores de diámetros nominales de alambres (Tabla 36.3.a del Código Estructural)

Designación	Serie de diámetros nominales [mm]
Y 1570 C	9,4 - 10,0
Y 1670 C	7,0 - 7,5 - 8,0
Y 1770 C	3,0 - 4,0 - 5,0 - 6,0
Y 1860 C	4,0 - 5,0

Se llama la atención sobre la diferencia entre los diámetros a emplear en el Código Estructural con respecto a la norma prEN 10138-2, debida a que esta no es la norma de referencia para el Código Estructural, que utiliza la UNE 36094:1997.

Tabla 14 Valores de diámetros nominales de cordones (Tabla 2 de prEN 10138-3)

Designación	Diámetros nominales [mm]	Área de la sección [mm ²]
Y 2160 S	5,2 (S3) 6,85 (S7)	13,6 28,2
Y 2060 S	5,2 (S3) 7,0 (S7)	13,6 30,0
Y 1960 S	5,2 (S3) 6,5 (S7) 9,0 (S7)	13,6 21,1 50,0
Y 1860 S	6,5 (S3) / 6,5 (S3) 6,8 (S3) / 6,9 (S3) 7,5 (S3) 7,0 (S7) / 6,9 (S7) 9,0 (S7) 11,0 (S7) / 11,0 (S7) 12,5 (S7) 13,0 (S7) / 12,9 (S7) 15,2 (S7) / 15,3 (S7) 16,0 (S7) / 15,7 (S7) 12,7 (S7G)	21,1 / 21,2 23,4 29,0 30,0 / 29,0 50,0 75,0 / 70,0 93,0 100,0 140,0 150,0 112,0
Y 1820 S	15,2 (S7G)	165,0
Y 1770 S	15,2 (S7) / 15,3 (S7) 16,0 (S7) / 15,7 (S7) 18,0 (S7)	140,0 150,0 200,0
Y 1700 S	18,0 (S7G)	223,0

Diferentes versiones más actuales de la norma prEN 10138 pueden contener una gama de diámetros de cordones ligeramente diferente.

El Código Estructural también recoge los diámetros empleables para cordones de pretensado en las tablas 36.5.a y 36.5.b.

Tabla 15 Valores de diámetros nominales para cordones (Tablas 36.5.a y 36.5.b del Código Estructural)

Cordones de 2 o 3 alambres	
Designación	Serie de diámetros nominales [mm]
Y 1770 S2	5,6 - 6,0
Y 1860 S3	6,5 - 6,8 - 7,5
Y 1960 S3	5,2
Y 2060 S3	5,2

Cordones de 7 alambres	
Designación	Serie de diámetros nominales [mm]
Y 1770 S7	16,0
Y 1860 S7	9,3 - 13,0 - 15,2 - 16,0

Se llama la atención sobre la diferencia entre los diámetros a emplear en el Código Estructural con respecto a la norma prEN 10138-3, debida a que esta no es la norma de referencia para el Código Estructural que utiliza la UNE 36094:1997.

Los aceros y diámetros de cordón más habituales para su empleo en puentes de carretera son el Y 1860 S7 15,7 que tiene una sección de 150 mm² y el Y 1860 S7 15,3 que tiene una sección de 140 mm². El Código Estructural denomina estos diámetros como 16,0 mm y 15,2 mm, respectivamente, al igual que la versión de septiembre de 2000 de la prEN10138. con el objeto de evitar confusiones, en el proyecto se especificará de forma explícita el área de la sección del cordón de pretensado.

Tabla 16 Valores de diámetros nominales de barras (Tabla 1 de prEN 10138-4)

Designación	Diámetros nominales [mm]	Área de la sección [mm ²]
Y 1230 H	26,0	531
	26,5	552
	32,0	804
	36,0	1018
	40,0	1257
Y 1100 H	15,0	177
	20,0	314
Y 1030 H	25,5	511
	26,0	531
	26,5	552
	27,0	573
	32,0	804
	36,0	1018
	40,0	1257
	50,0	1964

El Código Estructural no indica explícitamente los posibles diámetros a emplear en barras de pretensado.

Desde el punto de vista práctico, la norma prEN 10138-4 solo contempla diámetros de barras de pretensado hasta 50 mm. Es interesante hacer notar que existen suministradores de barras que proporcionan barras de diámetro mayores o diferentes en base a extrapolaciones de la norma europea o en base a otras normativas como BS 4486 o ASTM A722.

3.5.5 Tratamiento superficial del elemento

De forma complementaria, la designación de los aceros para armadura activa se completa con símbolos adicionales que indican propiedades particulares del tratamiento superficial del elemento, según cada una de las normas prEN 10138, en los términos siguientes:

- Alambres de pretensado:
 - I: indentado/grafilado.
- Cordones de pretensado:
 - I: indentado/grafilado.
 - A/B: clase según prEN 10138. La clase B indica un tipo de cordón que suele anclarse por adherencia directa en estructuras pretensadas pretesas.
 - F1/F2: *clase de fatiga según prEN 10138.*
 - C1/C1L/C2: *clase de resistencia a la corrosión bajo tensión según prEN 10138.*
- Barras:
 - R: corrugada.
 - P: lisa.

El Código Estructural no indica explícitamente esta especificación adicional para las armaduras activas.

3.5.6 Nivel de control

El nivel de control deberá ser definido de acuerdo con la normativa nacional vigente, que, en el caso de España y a la fecha de redacción de esta guía, es el Código Estructural. Por un lado, se deberá definir el nivel de control de la conformidad de las armaduras activas durante el suministro y, por otro, el nivel de control de ejecución.

3.5.6.1 Nivel de control de conformidad del acero para armaduras activas durante el suministro

El control de conformidad del acero para armaduras activas durante el suministro, cuyos criterios se pueden consultar en el artículo 60 del Código Estructural, incluye el control de la resistencia, capacidad de doblado y desdoblado, la determinación de la masa por metro de longitud, la determinación de las características geométricas, y sus propiedades de relajación. El control de conformidad de las propias armaduras activas durante el suministro se indica en el artículo 61 del Código Estructural.

En caso de que el acero para armaduras activas y las propias armaduras posean un distintivo de calidad oficialmente reconocido conforme a lo indicado en el artículo 18 del Código

Estructural, no será preceptiva la verificación experimental de las propiedades de las armaduras activas.

Sin perjuicio de lo indicado en el Código Estructural, el plan de control podrá fijar los ensayos que considere pertinentes.

El control llevado a cabo según lo recogido en el Código Estructural se denominará: normal.

3.5.6.2 Nivel de control de ejecución

El nivel de control de ejecución identifica el nivel de control necesario para garantizar el nivel adecuado de seguridad de una estructura. El Código Estructural contempla, en sus artículos 14.3 y 22.4, dos niveles de control de la conformidad de los procesos de ejecución de las estructuras de hormigón: nivel normal y nivel intenso.

Tabla 17 Relación entre niveles de control y clases de ejecución
(Tabla 14.3.1 del Código Estructural)

Nivel de control de ejecución, según este Código	Clase de ejecución para los elementos de acero (conforme al apartado 91.2)
Intenso	Clase 3 o 4
Normal	Clase 2

De acuerdo con el artículo 14.3.1 del Código Estructural, y salvo indicación en contra de la reglamentación específica aplicable, se deberá exigir un nivel de control de ejecución intenso para los elementos de hormigón de puentes.

3.5.7 Coeficiente parcial

Los coeficientes parciales de ponderación de las armaduras activas para el hormigón se definen en el apartado 2.4.2.4 (1) de UNE-EN 1992-1-1 (la parte 2 de UNE-EN 1992 remite a la parte general, la UNE-EN 1992-1-1, para la definición del coeficiente parcial), donde se indica que estos coeficientes se pueden definir también en el Anejo nacional. A continuación, se incluye la Tabla AN/1 del Anejo nacional de UNE-EN 1992-1-1 en la que se definen dichos coeficientes:

Tabla 18 Coeficientes parciales para la ponderación de los materiales en la comprobación de los Estados Límite Últimos (Tabla AN/1 Anejo nacional de UNE-EN 1992-1-1)

Situaciones de proyecto	γ_c , hormigón	γ_s , para armadura pasiva	γ_s , para armadura activa
Persistente o transitoria	1,5	1,15	1,15
Accidental	1,3	1,0	1,0

El Anejo nacional de UNE-EN 1992-1-1 indica también que en las comprobaciones relativas al Estado Límite de Fatiga deben adoptarse los valores de los coeficientes parciales de ponderación de las armaduras activas para la comprobación de los Estados Límite Últimos.

Los valores de los coeficientes parciales de ponderación de las armaduras activas indicados en la tabla anterior pueden reducirse. Para ello, se deberán cumplir los criterios del apartado AN.4.3 del Anejo nacional de UNE-EN 1992-1-1 en relación con el sistema de control de calidad, que tiene como objetivo, entre otros, la reducción de la incertidumbre en la ejecución de los elementos y en la variación de las características de los materiales.

En el caso particular de las armaduras activas, se podría plantear el empleo de un coeficiente parcial de ponderación reducido si se cumplen las siguientes condiciones (véase el apartado AN.4.3.3 del Anejo nacional de UNE-EN 1992-1-1):

- Se deberán cumplir las desviaciones reducidas recogidas en la tabla a continuación (Tabla A.1 de UNE-EN 1992-1-1):

Tabla 19 Desviaciones reducidas (Tabla A.1 UNE-EN 1992-1-1)

h o b [mm]	Desviaciones reducidas [mm]	
	Dimensiones de la sección transversal +/- Δh , Δb [mm]	Posición de la armadura + Δc [mm]
≤150	5	5
400	10	10
≥2500	30	20

NOTA 1: Se puede emplear una interpolación lineal para valores intermedios.

NOTA 2: + Δc se refiere al valor medio de las barras de la armadura pasiva o de la armadura activa en la sección transversal o sobre la anchura de un metro (por ejemplo, losas y muros).

- Que el acero empleado para la fabricación las armaduras activas haya sido objeto de un sistema de certificación por una tercera parte, acreditado según UNE-EN 45011 y "conforme con el artículo 81º de la Instrucción de hormigón estructural EHE-08, aprobada por Real Decreto 1247/2008".

- Que las armaduras activas hayan sido objeto de un sistema de certificación por una tercera parte, acreditado según UNE-EN 45011 o UNE-EN ISO/IEC 17021 y "conforme con el artículo 81º de la Instrucción de hormigón estructural EHE-08, aprobada por Real Decreto 1247/2008".
- La ejecución de la estructura debe ser realizada con nivel de control intenso, "según lo indicado en el artículo 92º de la Instrucción de hormigón estructural, EHE-08, aprobada por Real Decreto 1247/2008".

Con la derogación de la EHE-08 (Real Decreto 470/2021, de 29 de junio), todas las referencias, en los anejos nacionales de los Eurocódigos, a la EHE-08 en temas relacionados con las propiedades de los materiales, durabilidad, ejecución, control de calidad y mantenimiento de las estructuras se sustituyen por la referencia al Código Estructural, normativa que la sustituye. En este caso, la equivalencia entre los artículos de la EHE y los correspondientes al Código Estructural son los siguientes:

- El artículo del Código Estructural que sustituye al artículo 81º de la EHE-08 es el artículo 18 (Garantía de la conformidad de productos y procesos de ejecución, distintos de calidad).
- Los artículos del Código Estructural que sustituyen al artículo 92º de la EHE-08 son el artículo 22 (Control de la conformidad de los procesos de ejecución), el artículo 63 (Programación del control de ejecución en las estructuras de hormigón) y el Anejo 15 (Frecuencias de comprobación de las unidades de inspección en la ejecución de estructuras de hormigón).

3.5.8 Notas generales a incluir

Además de la definición de los requisitos que especifican el material, es conveniente incluir alguna información adicional en los cuadros de especificaciones técnicas de las armaduras activas para el hormigón relativas a:

- Vida útil de la estructura de 100 años (para puentes).
- Referencia a la norma prEN 10138.
- Posible ajuste de los requisitos definidos en el cuadro de especificaciones técnicas en zonas particulares dentro de un elemento.



4

EQUIVALENCIA ENTRE LA ESPECIFICACIÓN DE LAS ARMADURAS PARA HORMIGÓN SEGÚN LOS EUROCÓDIGOS Y EL CÓDIGO ESTRUCTURAL

En este capítulo se expone la equivalencia entre la especificación de las armaduras según el Código Estructural y la especificación según los Eurocódigos, tratada con detalle en el capítulo anterior.

4.1 Equivalencia entre la especificación del acero pasivo para armaduras según los Eurocódigos y el Código Estructural

El Código Estructural define, en su artículo 34.2, los aceros susceptibles de ser utilizados como acero para armaduras en barras o rollos de acero soldable:

- Acero soldable:
 - B 400 S: $f_{y,k} \geq 400$ MPa;
 - B 500 S: $f_{y,k} \geq 500$ MPa.
- Acero soldable con características especiales de ductilidad:
 - B 400 SD: $f_{y,k} \geq 400$ MPa;
 - B 500 SD: $f_{y,k} \geq 500$ MPa.

La diferencia principal entre los aceros S y los aceros SD son sus características de ductilidad que se expresan en la Tabla 34.2.a del Código Estructural:

Tabla 20 Tipos de acero para armaduras pasivas en barras y rollos (Tabla 34.2.a Código Estructural)

Tipo de acero		Acero soldable		Acero soldable con características especiales de ductilidad	
		B 400 S	B 500 S	B 400 SD	B 500 SD
Designación		B 400 S	B 500 S	B 400 SD	B 500 SD
Límite elástico, f_y [MPa]		≥400	≥500	≥400	≥500
Carga unitaria de rotura, f_s [MPa]		≥440	≥550	≥480	≥575
Alargamiento de rotura, $\epsilon_{u,5}$ [%]		≥14	≥12	≥20	≥16
Alargamiento total bajo carga máxima, $\epsilon_{máx}$ (%)	acero suministrado en barra	≥5,0	≥5,0	≥7,5	≥7,50
	acero suministrado en rollo	≥7,5	≥7,5	≥10,0	≥10,0
Relación $\leq f_s/f_y$		≥1,08	≥1,08	$1,20 \leq f_s/f_y \leq 1,35$	$1,15 \leq f_s/f_y \leq 1,35$
Relación $\leq f_y \text{ real}/f_y \text{ nominal}$		-	-	≤1,20	≤1,25

Igualmente, el Código Estructural define, en su artículo 34.3, los aceros susceptibles de ser utilizados como acero para armaduras en alambres de acero soldable:

- B 500 T: $f_y \geq 500$ MPa.

Tabla 21 Tipos de acero para armaduras pasivas en alambres (Tabla 34.3 Código Estructural)

Designación	Ensayo de tracción				Ensayo de doblado simple, según UNE-EN ISO 15630-1 $\alpha = 180^\circ$ Diámetro de mandril D'
	Límite elástico f_y' [MPa]	Carga unitaria de rotura f_s' [MPa]	Alargamiento de rotura sobre base de 5 diámetros A [%]	Relación f_s/f_y	
B 500 T	500	550	8	1,03	3d

Los requisitos exigidos por el Código Estructural para la especificación de las armaduras pasivas para el hormigón coinciden esencialmente con los exigidos en la UNE-EN 1992-1-1 y la norma UNE-EN 10080, existiendo tres diferencias de designación fundamentales:

- Designación de la ductilidad del acero:
 - Los Eurocódigos definen las clases de ductilidad del material según tres clases: A, B y C, siendo la clase C, la que presenta unas características mayores de ductilidad.
 - El Código Estructural define las propiedades de ductilidad según dos clases: S y SD, siendo la clase SD, la que presenta unas características mayores de ductilidad.

- Requisitos adicionales de ductilidad:
 - El Código Estructural exige el cumplimiento de dos requisitos relativos a la ductilidad del acero que no se recogen en las normas UNE-EN 1992-1-1 y UNE-EN 10080:
 - Relación $f_{yreal}/f_{ynominal}$ máxima.
 - Alargamiento mínimo de rotura, $\epsilon_{u,5}$ [%].

Los valores requeridos para estas propiedades adicionales exigidas al acero son:

Tabla 22 Propiedades adicionales para el acero en armaduras pasivas, según el Código Estructural (Tabla 34.2.a Código Estructural)

Tipo de acero	Acero soldable		Acero soldable con características especiales de ductilidad	
Alargamiento de rotura, $\epsilon_{u,5}$ (%)	≥ 14	≥ 12	≥ 20	≥ 16
Relación $f_{yreal}/f_{ynominal}$	-	-	$\leq 1,20$	$\leq 1,25$

- Consideración de aceros para armadura en alambres:
 - El Código Estructural diferencia este tipo de armadura por su tipo de fabricación, mientras que la normativa europea la engloba dentro de su designación general.

Para compatibilizar la designación de los aceros pasivos de acuerdo con Eurocódigos con los aceros especificados según el Código Estructural, la especificación según Eurocódigos se completará añadiendo los requisitos adicionales de ductilidad recogidos en el Código Estructural resultando la siguiente equivalencia:

Tabla 23 Equivalencia de designación de armaduras pasivas entre Eurocódigos y Código Estructural

Especificación según Eurocódigos		Especificación equivalente según Código Estructural
Especificación básica	Requisitos adicionales de ductilidad	
B 400 A	-	-
B 400 B	- Alargamiento de rotura $\epsilon_{u,5} \geq 14\%$	B 400 S
B 400 C	- Alargamiento de rotura $\epsilon_{u,5} \geq 20\%$ - Relación $f_{yreal}/f_{ynominal} \leq 1,20$	B 400 SD
B 500 A	-	-
B 500 B	- Alargamiento de rotura $\epsilon_{u,5} \geq 12\%$	B 500 S
B 500 C	- Alargamiento de rotura $\epsilon_{u,5} \geq 16\%$ - Relación $f_{yreal}/f_{ynominal} \leq 1,25$	B 500 SD

Se llama la atención sobre la ausencia de equivalencia en el Código Estructural para la clase de ductilidad A del Eurocódigo. Para proyectos de puentes en el ámbito de aplicación de

esta guía no se especificarán ni se emplearán aceros para armaduras pasivas con clase de ductilidad A.

4.2 Equivalencia entre la especificación del acero activo para armaduras según los Eurocódigos y el Código Estructural

El Código Estructural define, en sus artículos 36.3, 36.4 y 36.5 los aceros susceptibles de ser utilizados como acero para armaduras activas en alambres, barras y cordones, respectivamente.

Dichos artículos tienen una correspondencia directa con las partes 2, 4 y 3 de la norma prEN 10138, respectivamente.

4.2.1 Acero activo en alambres

El Código Estructural define, en la Tabla 36.3.a, los aceros susceptibles de ser utilizados como acero para armaduras activas en alambres:

- Y 1570 C: $f_{max} \geq 1570$ MPa.
- Y 1670 C: $f_{max} \geq 1670$ MPa.
- Y 1770 C: $f_{max} \geq 1770$ MPa.
- Y 1860 C: $f_{max} \geq 1860$ MPa.

Tabla 24 Tipos de acero para armadura activa en alambres (Tabla 36.3.a del Código Estructural)

Designación	Serie de diámetros nominales [mm]	Carga unitaria máxima $f_{máx}$ [MPa], no menor que:
Y 1570 C	9,4 - 10,0	1570
Y 1670 C	7,0 - 7,5 - 8,0	1670
Y 1770 C	3,0 - 4,0 - 5,0 - 6,0	1770
Y 1860 C	4,0 - 5,0	1860

Esta denominación es en todo idéntica a la recogida en la norma prEN 10138-2, tanto en los valores de referencia de la resistencia nominal a tracción (R_m según Eurocódigos y f_{max} según Código Estructural) como en la designación C, empleada para la referencia a su uso en alambres.

La única diferencia reseñable se refiere a los diámetros a emplear, que en el Código Estructural se admite una gama menos extensa debido a que usa como norma de referencia la UNE 36094:1997. En la Tabla 12 se indican los diámetros utilizables según la norma prEN 10138-2.

Tabla 25 Valores de diámetros nominales de alambres
(Tabla 2 de prEN10138-2 y Tabla 36.3.a del Código Estructural)

Designación	Diámetros nominales prEN 10138-2 [mm]	Diámetros nominales Código Estructural [mm]
Y 1860 C	3,0	-
	4,0	4,0
	5,0	5,0
Y 1770 C	-	3,0
	3,2	-
	-	4,0
	5,0	5,0
	6,0	6,0
Y 1670 C	6,9	-
	7,0	7,0
	7,5	7,5
	8,0	8,0
Y 1570 C	9,4	9,4
	9,5	-
	10,0	10,0

4.2.2 Acero activo en barras

El Código Estructural no establece, en su artículo 36.4, una especificación concreta para los aceros a emplear en armaduras activas en barras, sino que determina unas características mecánicas mínimas, entre las que se encuentran la carga máxima, el límite elástico, el alargamiento en rotura, la relajación máxima, entre otras.

En la norma prEN 10138-4 (Tabla 1) se recogen 3 tipos de acero activo para barras:

- Y 1100 H: $R_m \geq 1100$ MPa.
- Y 1030 H: $R_m \geq 1030$ MPa.
- Y 1230 H: $R_m \geq 1230$ MPa.

En la especificación de las barras, estos valores se combinan con el diámetro de la barra, en milímetros, y el acabado de la barra (R para barras corrugadas y P para barras lisas).

De acuerdo con el artículo 36.4 del Código Estructural, los aceros aceptables para barras de pretensado deberán tener una resistencia a tracción nominal no menor que 980 MPa.

El Código Estructural no indica explícitamente los posibles diámetros a emplear en barras de pretensado.

Tabla 26 Valores de diámetros nominales de barras (Tabla 1 de prEN 10138-4)

Designación	Diámetros nominales prEN 10138-2 [mm]	Diámetros nominales Código Estructural [mm]
Y 1230 H	26,0 26,5 32,0 36,0 40,0	No se explicita
Y 1100 H	15,0 20,0	
Y 1030 H	25,5 26,0 26,5 27,0 32,0 36,0 40,0 50,0	

4.2.3 Acero activo en cordones

El Código Estructural define, en las tablas 36.5.a y 36.5.b, los aceros susceptibles de ser utilizados como acero para armaduras activas en cordones:

- Y 1770 S: $f_{max} \geq 1770$ MPa.
- Y 1860 S: $f_{max} \geq 1860$ MPa.
- Y 1960 S: $f_{max} \geq 1960$ MPa.
- Y 2060 S: $f_{max} \geq 2060$ MPa.

Tabla 27 Tipos de acero activo para cordones (tablas 36.5.a y 36.5.b del Código Estructural)

Cordones de 2 o 3 alambres		
Designación	Serie de diámetros nominales [mm]	Carga unitaria máxima f_p [MPa], no menor que:
Y 1770 S2	5,6 - 6,0	1770
Y 1860 S3	6,5 - 6,8 - 7,5	1860
Y 1960 S3	5,2	1960
Y 2060 S3	5,2	2060

Cordones de 2 o 3 alambres		
Designación	Serie de diámetros nominales [mm]	Carga unitaria máxima f_p [MPa]
Y 1770 S7	16,0	1770
Y 1860 S7	9,3 - 13,0 - 15,2 - 16,0	1860

Esta denominación es en todo idéntica a la recogida en la norma prEN 10138-3, tanto en los valores de referencia de la resistencia nominal a tracción (R_m según Eurocódigos y f_{max} según Código Estructural) como en la designación S, empleada para la referencia a su uso en cordones.

Además de los anteriores, la norma prEN 10138-3 considera también la existencia de otros valores de fuerza máxima, por lo que la lista de aceros aptos para armaduras activas en cordones es más amplia:

- Y 1700 S: $R_m \geq 1700$ MPa.
- Y 1770 S: $R_m \geq 1770$ MPa.
- Y 1820 S: $R_m \geq 1820$ MPa.
- Y 1860 S: $R_m \geq 1860$ MPa.
- Y 1960 S: $R_m \geq 1960$ MPa.
- Y 2060 S: $R_m \geq 2060$ MPa.
- Y 2160 S: $R_m \geq 2160$ MPa.

Además de la amplitud de la lista de aceros, se pueden identificar tres diferencias adicionales entre ambas normativas:

- El Código Estructural considera la existencia de cordones de 2 alambres.
- La norma prEN 10138-3 incluye también la denominación G, correspondiente a cordones compactos.
- Los diámetros a emplear, donde el Código Estructural admite una gama menos extensa debido a que usa como norma de referencia la UNE 36094:1997. En la Tabla 12 se indican los diámetros utilizables según la norma prEN 10138-2.

Tabla 28 Tipos de acero activo para cordones (Tabla 2 de prEN 10138-3)

Designación	Diámetros nominales prEN 10138-2 [mm]	Diámetros nominales Código Estructural [mm]
Y 2160 S	5,2 (S3) 6,85 (S7)	- -
Y 2060 S	5,2 (S3) 7,0 (S7)	5,2 (S3) -
Y 1960 S	5,2 (S3) 6,5 (S7) 9,0 (S7)	5,2 (S3) - -
Y 1860 S	6,5 (S3) 6,8 (S3) / 6,9 (S3) 7,5 (S3) 7,0 (S7) / 6,9 (S7) 9,0 (S7) - 11,0 (S7) 12,5 (S7) 13,0 (S7) / 12,9 (S7) 15,2 (S7) / 15,3 (S7) 16,0 (S7) / 15,7 (S7) 12,7 (S7G)	6,5 (S3) 6,8 (S3) 7,5 (S3) 7,0 (S7) 9,0 (S7) 9,3 (S7) - - 13,0 (S7) 15,2 (S7) 16,0 (S7) -
Y 1820 S	15,2 (S7G)	-
Y 1770 S	- - 15,2 (S7) 16,0 (S7) 18,0 (S7)	5,6 (S2) 6,0 (S2) - 16,0 (S7) -
Y 1700 S	18,0 (S7G)	18,0 (S7G)

5

RESUMEN DE LA GUÍA Y EJEMPLO DE CUADRO DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS ARMADURAS

A lo largo de los capítulos 2, 3 y 4 de esta guía, se ha descrito la información recogida en la normativa en relación con la especificación técnica de las armaduras para el hormigón. En esta guía se ha reunido en un solo documento la información definida en varias normas (UNE-EN 1992-1-1, UNE-EN 1992-2, UNE-EN 10027, UNE-EN 10080 y prEN 10138, Código Estructural, entre otras) con el objetivo de facilitar la correcta definición y la consideración de todos los requisitos necesarios y exigidos por la normativa para realizar la especificación técnica de las armaduras para hormigón.

A modo de resumen, se incluye en este capítulo de forma compacta la información necesaria para la definición de un cuadro de especificaciones técnicas de armaduras para hormigón y se concreta, además, un ejemplo de cuadro de especificaciones técnicas de armaduras para hormigón definido según los Eurocódigos (UNE-EN 1992-1-1, UNE-EN 10080:2006 y prEN 10138).

5.1 Resumen de la guía

Este apartado tiene como objetivo exponer de forma resumida y compacta la información necesaria para la definición de un cuadro de especificaciones técnicas de las armaduras para el hormigón. El resumen de la guía, presentado en la Tabla 29, incluye la siguiente información:

- Requisitos a incluir en un cuadro de especificaciones técnicas de las armaduras para el hormigón, según los Eurocódigos (columna *Requisitos*).
- Designación tipo de cada uno de los requisitos, según los Eurocódigos (columna *Designación tipo*).

- Normativa y apartado de esta a consultar para la definición de cada requisito (en las columnas *Norma de aplicación* y *Apartado de la norma de aplicación a consultar*).
- Apartado de esta guía en el que se explican los criterios para la definición de cada uno de los requisitos y particularidades en la definición de los mismos (columna *Comentarios*).

Dado que se trata de un resumen compacto, esta tabla se debe entender como una ayuda rápida para orientar a la definición de los parámetros a incluir en un cuadro de especificaciones técnicas de las armaduras para el hormigón, que además conviene leer de manera conjunta con el ejemplo de cuadro de especificaciones técnicas definido en el apartado 5.2. Los criterios y explicaciones detalladas para la definición de cada uno de los requisitos a incluir en el cuadro de especificaciones técnicas de las armaduras para el hormigón se realizan en los apartados correspondientes de esta guía.

Tabla 29 **Requisitos a definir y normas a aplicar para la correcta especificación técnica de las armaduras para hormigón según los Eurocódigos**

Requisitos mínimos a incluir en un cuadro de especificaciones técnicas de las armaduras para hormigón, definido según los Eurocódigos (UNE-EN 1992, UNE-EN 10080:2006 y prEN 10138)				
Requisito	Designación tipo	Norma de aplicación	Apartado de la norma de aplicación a consultar	Comentarios
Referencia a las normas UNE-EN 10080:2006 y prEN 10138	-	-	-	-
Tipo de armadura	Armadura pasiva (B)	UNE-EN 10027:2017 UNE-EN 10080:2006	-	Se trata en el apartado 2.5.1 de esta guía
	Armadura activa (Y)	UNE-EN 10027:2017 prEN 10138	-	Se trata en el apartado 3.5.1 de esta guía

(Continuación)

Requisitos mínimos a incluir en un cuadro de especificaciones técnicas de las armaduras para hormigón, definido según los Eurocódigos (UNE-EN 1992, UNE-EN 10080:2006 y prEN 10138)				
Requisito	Designación tipo	Norma de aplicación	Apartado de la norma de aplicación a consultar	Comentarios
Límite elástico [MPa]	Armadura pasiva: 400 a 600	UNE-EN 1992-1-1:2004	Apartado C.1, Tabla C.1	El Código Estructural restringe el límite elástico de los aceros de armar a 400 o 500 MPa. Información adicional en el apartado 2.5.2 de esta guía
	Armadura activa. Alambres: 1570, 1670, 1770, 1860	prEN 10138-2	Apartado 6, Tabla 2	Este tema se trata en el apartado 3.5.2 de esta guía, donde se incluyen también los valores de límite elástico considerados en el Código Estructural
	Armadura activa. Cordones: 1700, 1770, 1820, 1860, 1960, 2060, 2160	prEN 10138-3		
Armadura activa. Barras: 1030, 1100, 1230	prEN 10138-4	Apartado 6, Tabla 1		
Clase de ductilidad de la armadura pasiva	A, B, C	UNE-EN 1992-1-1:2004	Apartado C.1, Tabla C.2N	Aplica exclusivamente a las armaduras pasivas. Se trata en el apartado 2.5.3 de esta guía
Tipo de armadura activa	Alambres (C)	prEN 10138-2	Apartado 4.2 de la norma correspondiente	Se trata en el apartado 3.5.3 de esta guía
	Cordones (S)	prEN 10138-3		
	Barras (H)	prEN 10138-4		
Diámetro nominal de armaduras activas [mm]	Alambres: 3,0 a 10,0	prEN 10138-2	Apartado 4.2, Tabla 2 de la norma correspondiente	Se trata en el apartado 3.5.4 de esta guía. Adicionalmente, se indicará la sección de acero del cordón de pretensado
	Cordones: 5,2 a 18,0	prEN 10138-3		
	Barras: 15 a 50	prEN 10138-4	Apartado 4.2, Tabla 1 de la norma correspondiente	
Tratamiento superficial de las armaduras activas	Alambres: I (indentado / grafilado)	prEN 10138-2	Apartado 4.2, Tabla 1 de la norma correspondiente	Se trata en el apartado 3.5.5 de esta guía
	Cordones: I (indentado / grafilado) o A/B	prEN 10138-3		
	Barras: R (corrugada) o P (lisa)	prEN 10138-4		

(Continuación)

Requisitos mínimos a incluir en un cuadro de especificaciones técnicas de las armaduras para hormigón, definido según los Eurocódigos (UNE-EN 1992, UNE-EN 10080:2006 y prEN 10138)						
Requisito	Designación tipo			Norma de aplicación	Apartado de la norma de aplicación a consultar	Comentarios
Especificaciones adicionales para armaduras pasivas	Rango de tensión de fatiga			UNE-EN 1992-1 1:2004	Apartado C1, Tabla C2N	Se trata en el apartado 2.5.4 de esta guía
	Área mínima relativa de las corrugas $f_{r,min}$					
	Alargamiento mínimo en rotura $\varepsilon_{u,5}$ (%)			Código Estructural	Apartado 34.2, Tabla 34.2.a	
	Relación $f_{y,real} / f_{y,nominal}$					
Nivel de control	Control de suministro: Armaduras pasivas: Normal Armaduras activas: Normal			Código Estructural	Apartados 58 y 59 Apartados 60 y 61	Se trata en los apartados 2.5.5 y 3.5.6 de la presente guía. Salvo indicación contraria de una reglamentación específica, el nivel de control de ejecución en puentes es siempre: intenso
	Control de ejecución: Normal o Intenso				Apartados 14.3 y 22.4	
Coeficiente parcial		Persistente	Accidental	UNE-EN 1992-1-1:2004	Anejo nacional. Tabla AN/1	Cuando se satisfagan ciertas condiciones, los coeficientes parciales de seguridad pueden reducirse. Ver los apartados 2.5.6 y 3.5.7 de esta guía para mayor detalle
	$\gamma_{s,pas}$	1,15	1,00			
	$\gamma_{s,act}$	1,15	1,00			
Notas generales	- Vida útil de la estructura de 100 años (para puentes) - Normativa de proyecto					-

5.2 Ejemplo de cuadro de especificaciones técnicas de las armaduras

A continuación, se incluye un ejemplo de cuadro de especificaciones técnicas de las armaduras definido según los Eurocódigos (UNE-EN 1992-1-1, UNE-EN 10080:2006 y prEN 10138).

Este cuadro debe servir únicamente como ejemplo del tipo de información (requisitos) a incluir en un cuadro de especificaciones técnicas. Los valores/clases atribuidos a cada requisito pretenden únicamente informar sobre la designación a emplear y, por tanto, se deberán adaptar en función de las características de cada proyecto.

Tabla 30 Ejemplo de cuadro de especificación técnica de las armaduras

Cuadro de especificaciones técnicas de las armaduras según UNE-EN 1992-1-1, UNE-EN 10080 y prEN 10138						
Material	Elemento	Norma de referencia	Designación	Límite elástico / Resistencia a tracción [MPa]	Especificaciones adicionales	Equivalencia con Código Estructural
Armadura pasiva	Todos los elementos	UNE-EN 10080	B 500 C	$f_y \geq 500$ MPa	- Alargamiento de rotura $\epsilon_{u,5} \geq 16\%$ - Relación $f_{yreal}/f_{ynominal} \leq 1,25$ - Rango de tensión de fatiga según Tabla C.2 de UNE-EN 1992-1-1	B 500 SD
Armadura activa	Alambres de pretensado	prEN 10138-2	Y 1770 C I	$R_m \geq 1770$ MPa	- Sistema de pretensado con DITE/ETA en vigor de acuerdo con EAD 160004-00-0301	Y 1770 C
	Cordones de pretensado	prEN 10138-3	Y 1860 S7 15,7	$R_m \geq 1860$ MPa	- Sección: 150 mm ² - Sistema de pretensado con DITE/ETA en vigor de acuerdo con EAD 160004-00-0301	Y 1860 S7
	Barras de pretensado	prEN 10138-4	Y 1030 H R	$R_m \geq 1030$ MPa	- Sistema de pretensado con DITE/ETA en vigor de acuerdo con EAD 160004-00-0301	-
Normativa de proyecto	UNE-EN 1990, UNE-EN 1991, UNE-EN 1992, UNE-EN 1997 y UNE-EN 1998 (de acuerdo con la Orden Circular 1/2019 de la Dirección General de Carreteras)					
Vida útil	100 años					
Coficiente parcial en Estado Limite Último	$\gamma_s=1,15$					
Nivel de control de conformidad durante el suministro	Normal, según Código Estructural					
Control de ejecución	Intenso, según Código Estructural					



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRANSPORTES, MOVILIDAD
Y AGENDA URBANA

SECRETARÍA GENERAL
TÉCNICA

CENTRO
DE PUBLICACIONES