

Guía para la determinación de longitudes de anclaje y solape de armaduras pasivas

Designer's guide to the determination of anchorage and lap length of reinforcing steel

Pilar Crespo^a, Miguel Ortega^b, Maria João Freitas^c, Álvaro Serrano^d

^aICCP del Estado. Dirección General de Carreteras. MITMS. Jefe del Área de Estructuras. pcrespo@transportes.gob.es

^bIngeniero de Caminos Canales y Puertos. TYLin. Director General. miguel.ortega@tylin.com

^cMáster en Ingeniería Civil. TYLin. Jefe de Proyectos. mariajoao.freitas@tylin.com

^dIngeniero de Caminos Canales y Puertos. MC2 Estudio de Ingeniería. Director Técnico. alvaro.serrano@mc2.es

RESUMEN

La necesidad de resolver la compatibilidad entre los Eurocódigos y el Código Estructural, de obligado cumplimiento en España en lo relativo a materiales, durabilidad, ejecución, control de calidad y mantenimiento, ha motivado la redacción de esta guía, en la que se recogen los criterios que aseguran el cumplimiento de ambos códigos a la hora de determinar los valores de las longitudes de anclaje y solape de las armaduras pasivas en las estructuras de la Red de Carreteras del Estado.

ABSTRACT

The need to ensure the compatibility between Eurocodes and *Código Estructural*, a Spanish standard of mandatory compliance regarding materials, durability, execution, quality control and maintenance, has motivated the drafting of this guide, which includes the criteria that ensure compliance with both codes when determining the values of the anchorage and lap length of reinforcing steel for structures belonging to *Red de Carreteras del Estado* (Spanish highway administration).

PALABRAS CLAVE: Eurocódigos, Código Estructural, armadura pasiva, anclaje, solape.

KEYWORDS: Eurocodes, reinforcing steel, anchorage length, lap length.

1. Introducción y antecedentes

Desde la entrada en vigor de la Orden Circular 1/2019 [1], las estructuras de la Red de Carreteras del Estado deben proyectarse con los Eurocódigos. A su vez, el Real Decreto 470/2021 de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural [2], 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 lo relativo a la determinación de las longitudes de anclaje y solape de armaduras pasivas, por un lado, la normativa europea incluye una formulación en el Eurocódigo 2. A su vez, el Código Estructural [2] define dos formulaciones: una en su artículo 49.5 (incluido en el Capítulo 11, Ejecución de estructuras de hormigón), y otra en su Anejo 19; el criterio para emplear una formulación u otra se recoge en el artículo 49.5 del Código Estructural [2], en el que se indica que:

- Si la adherencia de las barras se certifica

a partir del ensayo de la viga (según lo establecido en el Anejo C de UNE-EN 10080 [3] o en UNE 36740 [4]), será de aplicación la formulación incluida en el artículo 49.5 del Código Estructural [2].

- Si las características de adherencia de las barras se certifican a partir de la geometría de las corrugas o grafilas, será de aplicación, en sustitución del artículo 49.5 del Código Estructural [2], lo indicado en los apartados 8.4 a 8.9 del Anejo 19 de la misma norma.

La formulación que el Código Estructural [2] recoge en su Anejo 19 coincide (con pequeños matices) con la formulación del Eurocódigo 2, pero es diferente a la que recoge en su artículo 49.5.

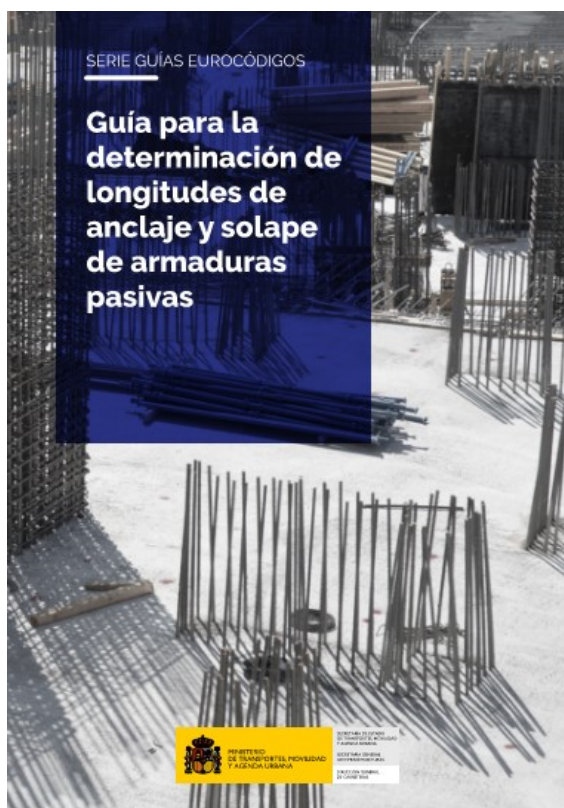


Figura 1. Guía para la determinación de longitudes de anclaje y solape de armaduras pasivas [5]

La redacción de la *Guía para la determinación de longitudes de anclaje y solape de armaduras pasivas* [5] (Figura 1) ha sido motivada por la necesidad de estudiar la compatibilidad y clarificar las

diferencias entre los criterios y valores de las longitudes de anclaje y solape definidos por ambas normas y definir un criterio único a aplicar en los proyectos de las estructuras de la Red de Carreteras del Estado. En este artículo se presenta el contenido de dicha guía, documento que es parte de la serie *Guías Eurocódigos*, cuyo 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.

2. Contenido de la *Guía para la determinación de longitudes de anclaje y solape de armaduras pasivas*

En la *Guía para la determinación de longitudes de anclaje y solape de armaduras pasivas* [5] se expone, por un lado, la formulación para la determinación de las longitudes de anclaje y solape de armaduras longitudinales pasivas recogida en el Eurocódigo 2 y, por otro lado, la formulación recogida en el artículo 49.5 del Código Estructural [2] realizándose, a la vez, una comparación detallada entre ellas. En algunos casos, se estudian las diferencias no solo a nivel de formulación sino también a nivel numérico. La comparación entre el Eurocódigo 2 y el Anejo 19 del Código Estructural [2] se hace de forma muy breve en el apartado 3.2 de la guía puesto que ambas formulaciones coinciden a excepción de algunos matices. En el último capítulo de la guía se recoge un resumen de las principales conclusiones obtenidas.

Por último, la guía incluye un anejo en el que se recogen las longitudes de anclaje y solape para armaduras longitudinales pasivas compuestas por barras rectas y con prolongación en patilla, aisladas y traccionadas, para distintos diámetros de barra (8, 10, 12, 16, 20, 25 y 32 milímetros), resistencias del hormigón (25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 y 60 MPa) y valores de recubrimiento (25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65

y 70 milímetros) determinadas tanto según el Eurocódigo 2 como según el artículo 49.5 del Código Estructural [2], para un acero con límite elástico de 500 MPa.

3. Determinación de longitudes de anclaje y solape de armaduras longitudinales pasivas según el Eurocódigo 2

La determinación de las longitudes de anclaje y solape de armaduras longitudinales pasivas se trata en el Capítulo 8 de la parte general (parte 1-1) del Eurocódigo 2 (UNE-EN 1992-1-1 [6]); la parte 2 (puentes, UNE-EN 1992-2 [7]) remite a la parte general.

3.1 Longitudes de anclaje de armaduras longitudinales

Según lo indicado en la cláusula 8.4.4(1) de UNE-EN 1992-1-1 [6], la longitud neta de anclaje de una barra, l_{bd} , se determina mediante la expresión (1), conforme a la expresión 8.4 de UNE-EN 1992-1-1 [6]:

$$l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{b,min}. \quad (1)$$

donde:

- α_1 es el coeficiente que evalúa el efecto de la forma de las barras suponiendo un recubrimiento adecuado.
- α_2 es el coeficiente que evalúa el efecto del recubrimiento mínimo de la armadura.
- α_3 es el coeficiente que evalúa el efecto de confinamiento debido a la armadura transversal.
- α_4 es el coeficiente que evalúa la influencia de una o más barras transversales soldadas a lo largo de la longitud neta del anclaje.
- α_5 es el coeficiente que evalúa el efecto de la presión transversal al plano de

hendidamiento a lo largo de la longitud neta de anclaje.

- $l_{b,rqd}$ es la longitud básica de anclaje.
- $l_{b,min}$ es la longitud mínima de anclaje, que, si no se aplica ninguna otra limitación, debe ser igual o superior al mayor de los valores siguientes: $0.3l_{b,rqd}$, 10ϕ o 100 milímetros para anclajes en tracción y $0.6l_{b,rqd}$, 10ϕ o 100 milímetros para anclajes en compresión.

Los valores de α_1 , α_2 , α_3 , α_4 y α_5 se determinan según lo indicado en la Tabla 8.2 de UNE-EN 1992-1-1 [6]. Para barras con prolongación en patilla o gancho cumpliendo las condiciones de su Figura 8.1b) a d), UNE-EN 1992-1-1 [6] permite determinar la longitud neta de anclaje mediante una alternativa simplificada a la expresión (1) e igual a $\alpha_1 l_{b,rqd}$.

Como se puede verificar mediante la expresión (1), para la determinación de la longitud neta de anclaje de una barra, l_{bd} , es necesaria la determinación de la longitud básica de anclaje, $l_{b,rqd}$, función del tipo de acero y de las propiedades de adherencia de las barras. Según la cláusula 8.4.3(2) de UNE-EN 1992-1-1 [6], la longitud básica de anclaje puede ser determinada de acuerdo con la expresión (2), conforme a la expresión (8.3) de UNE-EN 1992-1-1 [6]:

$$l_{b,rqd} = (\phi/4)(\sigma_{sd}/f_{bd}) \quad (2)$$

donde:

- ϕ es el diámetro de la barra.
- σ_{sd} es la tensión de cálculo de la barra en la posición a partir de la cual se mide el anclaje.
- f_{bd} es el valor de cálculo de la tensión última de adherencia, determinado según la expresión (3), conforme a la expresión (8.2) del apartado 8.4.2 de UNE-EN 1992-1-1 [6].

$$f_{bd} = 2.25\eta_1\eta_2f_{ctd} \quad (3)$$

donde:

- η_1 es un coeficiente relacionado con la calidad de la condición de adherencia y la posición de la barra durante el vertido del hormigón. $\eta_1=1.0$ cuando se obtienen condiciones de adherencia “buenas”; $\eta_1=0.7$ para condiciones de adherencia “deficientes” (véase la Figura 8.2 de UNE-EN 1992-1-1 [6], en la que se definen las condiciones de adherencia de las barras).
- η_2 es un coeficiente relacionado con el diámetro de la barra, igual a 1.0 para diámetros iguales o inferiores a 32 milímetros e igual a $(132-\phi)/100$ para diámetros superiores a 32 milímetros.
- f_{ctd} es el valor de cálculo de la resistencia del hormigón a tracción, determinada según la cláusula 3.1.6(2) de UNE-EN 1992-1-1 [6].

3.2 Longitudes de solape de armaduras longitudinales

Las fuerzas entre barras pueden transmitirse mediante solapes, soldadura o dispositivos mecánicos que aseguran la transferencia de las cargas de tensión o compresión. La formulación para la determinación de las longitudes de solape de armaduras longitudinales pasivas de elementos de hormigón se recoge en el apartado 8.7 de la norma UNE-EN 1992-1-1 [6].

De acuerdo con la cláusula 8.7.3(1) de UNE-EN 1992-1-1 [6], la longitud de solape, l_0 , se determina mediante la expresión (4), conforme a la expresión (8.10) de UNE-EN 1992-1-1 [6]:

$$l_0 = \alpha_1\alpha_2\alpha_3\alpha_5\alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{0,min}. \quad (4)$$

donde:

- α_6 es igual a $(\rho_l/25)^{0.5}$ pero no mayor que

1.5 y no menor que 1.0, siendo ρ_l el porcentaje de armadura solapada en una misma sección.

- $l_{b,rqd}$ es la longitud básica de anclaje.
- $l_{b,min}$ es la longitud mínima de solape que debe ser igual o superior al mayor de los valores siguientes: $0.3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd}$, 15ϕ o 200 milímetros.
- α_1 , α_2 , α_3 y α_5 se han definido anteriormente en este artículo.

Los valores de α_6 correspondientes a diferentes porcentajes de barras solapadas se incluye en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores de α_6 (adaptación de la Tabla 8.3 de UNE-EN 1992-1-1 [6])

Porcentaje de barras solapadas	<25%	33%	50%	>50%
α_6	1	1.15	1.4	1.5

4. Determinación de longitudes de anclaje y solape de armaduras longitudinales pasivas según el artículo 49.5 del Código Estructural y comparación con el Eurocódigo 2

El Código Estructural [2] define dos formulaciones para la determinación de las longitudes de anclaje y solape de las armaduras longitudinales pasivas: una en su artículo 49.5 y otra en su Anejo 19. El criterio para emplear una formulación u otra se recoge en el artículo 49.5 del Código Estructural [2], en el que se indica que:

- Si la adherencia de las barras se certifica a partir del ensayo de la viga, será de aplicación la formulación incluida en el artículo 49.5 del Código Estructural [2].
- Si las características de adherencia de las barras se certifican a partir de la geometría de las corrugas o grafilas, será de aplicación, en sustitución del artículo 49.5 del Código Estructural [2], lo

indicado en los apartados 8.4 a 8.9 del Anejo 19 de la misma norma.

En este apartado se realizará únicamente la comparación entre la formulación del Eurocódigo 2 y la que recoge el Código Estructural [2] en su artículo 49.5, puesto que la formulación que éste recoge en su Anejo 19 coincide (con pequeños matices) con la formulación del Eurocódigo 2.

4.1 Longitudes de anclaje de armaduras longitudinales

Según lo indicado en el artículo 49.5.1.2 del Código Estructural [2], la longitud neta de anclaje de una barra, $l_{b,net}$, se determina mediante la expresión (5):

$$l_{b,net} = l_b \beta \frac{\sigma_{sd}}{f_{yd}} \approx l_b \beta \frac{A_s}{A_{s,real}} \quad (5)$$

donde:

- β es el factor de reducción definido en la tabla 49.5.1.2.b del Código Estructural [2], función del tipo de prolongación, recubrimiento perpendicular al plano de doblado y tipo de tensión en la barra.
- l_b es la longitud básica de anclaje.
- σ_{sd} es la tensión de trabajo de la armadura que se desea anclar, en la hipótesis de carga más desfavorable, en la sección desde la que se determinará la longitud de anclaje.
- A_s es la armadura necesaria por calculo en la sección a partir de la cual se ancla la armadura.
- $A_{s,real}$ es la armadura realmente existente en la sección a partir de la cual se ancla la armadura.

Según lo indicado en el artículo 49.5.1.1 del Código Estructural [2], la longitud neta de anclaje no debe ser inferior al mayor de los valores siguientes: 10ϕ , 150 milímetros o la tercera parte de la longitud básica de anclaje para barras traccionadas o dos tercios de dicha longitud en el caso de barras comprimidas. La

definición del valor mínimo de la longitud neta de anclaje es análoga en las dos normas, con algunas diferencias: ambas incluyen el límite inferior de 10ϕ , un límite inferior fijo de 150 milímetros en el caso del Código Estructural [2] y de 100 milímetros en el caso de UNE-EN 1992-1-1 [6] y, además, un límite inferior igual a un porcentaje de la longitud básica de anclaje que, en el caso del Código Estructural [2], es de 0.33 y 0.66 (barras traccionadas y barras comprimidas, respectivamente) y en el caso de UNE-EN 1992-1-1 [6] es de 0.3 y 0.6.

Con un criterio análogo al del Eurocódigo 2, el Código Estructural [2] también obtiene la longitud neta de anclaje, $l_{b,net}$, mediante una reducción (si corresponde) de la longitud básica de anclaje, l_b . A continuación, se recoge una comparación entre las formulaciones y valores de los parámetros que permiten la obtención de la longitud neta de anclaje en las dos normas.

4.1.1 Factor de reducción de la longitud básica de anclaje. Comparación

Como se puede observar en la expresión (5), según el artículo 49.5 del Código Estructural [2], la reducción de la longitud básica de anclaje en función del tipo de prolongación, recubrimiento perpendicular al plano de doblado y tipo de tensión en la barra se realiza mediante el coeficiente β , cuyos valores se recogen en la Tabla 2.

Tabla 2. Valores de β (Tabla 49.5.1.2.b del Código Estructural [2])

Tipo de anclaje	Tracción	Compresión
Prolongación recta	1	1
Patilla, gancho y gancho en U	0.7(*)	1
Barra transversal soldada	0.7	0.7

(*)Si el recubrimiento de hormigón perpendicular al plano de doblado es superior a 3ϕ . En caso contrario, $\beta=1$.

En el caso de la formulación de

UNE-EN 1992-1-1 [6], el mismo tipo de reducción se realiza mediante la aplicación de los coeficientes α_1 y α_2 . Tras la comparación entre los coeficientes de reducción de ambas normas (véase el apartado 3.1.1.3 de la *Guía para la determinación de longitudes de anclaje y solape de armaduras pasivas* [5]), se ha verificado que los coeficientes β y α_1 son equivalentes (se obtienen los mismos valores, para las mismas condiciones de anclaje y de recubrimiento perpendicular al plano de doblado). Así, y sabiendo que a α_2 (UNE-EN 1992-1-1 [6]) le corresponde un valor entre 0.7 y 1.0, la reducción aplicada por UNE-EN 1992-1-1 [6] a la longitud básica de anclaje (para obtener la longitud neta de anclaje) será siempre igual o superior a la reducción aplicada por el Código Estructural [2].

4.1.2 Longitud básica de anclaje. Comparación

Según el artículo 49.5.1.2 del Código Estructural [2], la longitud básica de anclaje, l_b , se determina según las expresiones (6) y (7):

Para barras en posición I:

$$l_{bI} = m \cdot \phi^2 \leq \frac{f_{yk}}{20} \phi \quad (6)$$

Para barras en posición II:

$$l_{bII} = 1.4m \cdot \phi^2 \leq \frac{f_{yk}}{14} \phi \quad (7)$$

donde:

- ϕ es el diámetro de la barra, en milímetros.
- m es un coeficiente numérico obtenido a partir de resultados experimentales realizados con motivo del ensayo de adherencia de las barras. Los valores de m se definen en la tabla 49.5.1.2.a del Código Estructural [2], incluida a continuación (Tabla 3).
- f_{yk} es el límite elástico del acero, en MPa.
- l_{bI} y l_{bII} son las longitudes básicas de anclaje en las posiciones I y II, respectivamente, en milímetros.

Las posiciones I y II definidas por el

Código Estructural [2] coinciden con las condiciones “buenas” y “deficientes”, respectivamente, definidas por UNE-EN 1992-1-1 [6].

Tabla 3. Valores de m , para determinar la longitud básica de anclaje (Tabla 49.5.1.2.a del Código Estructural [2])

Resistencia característica del hormigón (MPa)	m	
	B400S B400SD	B500S B500SD
25	1.2	1.5
30	1.0	1.3
35	0.9	1.2
40	0.8	1.1
45	0.7	1.0
≥ 50	0.7	1.0

Ante la imposibilidad de comparar las formulaciones para la determinación de la longitud básica de anclaje, se ha procedido a comparar directamente los valores obtenidos mediante las dos normas para distintos diámetros de barras (aisladas traccionadas), distintas resistencias de hormigón y un límite elástico del acero de 500 MPa, en las posiciones I (condiciones de adherencia “buenas”) y II (condiciones de adherencia “malas”). La comparación completa y detallada se puede encontrar en el apartado 3.1.1.2 de la *Guía para la determinación de longitudes de anclaje y solape de armaduras pasivas* [5]. En resumen, se ha verificado que las longitudes básicas de anclaje obtenidas mediante el artículo 49.5 del Código Estructural [2] solamente son superiores a las obtenidas mediante UNE-EN 1992-1-1 [6] para hormigones con resistencia característica a compresión, f_{ck} , igual o superior a 55 MPa, (independientemente del diámetro de la barra) o para barras de 32 milímetros de diámetro, independientemente de la resistencia del hormigón.

4.1.3 Longitud neta de anclaje. Comparación

Tal como se ha procedido con las longitudes

básicas de anclaje, en la imposibilidad de comparar formulaciones, se han comparado directamente los valores de las longitudes netas de anclaje obtenidos mediante las dos normas para distintos diámetros de barras (aisladas traccionadas), recubrimientos, resistencias del hormigón y un límite elástico del acero de 500 MPa, en las posiciones I (condiciones de adherencia “buenas”) y II (condiciones de adherencia “malas”) y con prolongación recta y en patilla. La comparación completa y detallada se puede encontrar en el apartado 3.1.1.3 de la *Guía para la determinación de longitudes de anclaje y solape de armaduras pasivas* [5]. En resumen:

- Para hormigones de resistencia característica igual o inferior a 30 MPa, diámetros de barra entre 8 y 20 milímetros e independientemente del tipo de prolongación de la barra, las longitudes netas de anclaje determinadas según UNE-EN 1992-1-1 [6] son superiores a las determinadas según el artículo 49.5 del Código Estructural [2].
- Para hormigones de resistencia característica superior a 35 MPa y barras en prolongación recta, en la mayoría de los casos las longitudes netas de anclaje obtenidas según el artículo 49.5 del Código Estructural [2] son superiores a las determinadas mediante UNE-EN 1992-1-1 [6].
- Para hormigones de resistencia característica superior a 35 MPa, barras con prolongación en patilla e independientemente del diámetro de la barra las longitudes netas de anclaje obtenidas mediante el artículo 49.5 del Código Estructural [2] solamente son superiores a las obtenidas mediante UNE-EN 1992-1-1 [6] para hormigones con resistencia característica a compresión igual o superior a 55 MPa.
- Para barras de 32 milímetros de diámetro, las longitudes netas de anclaje determinadas según el artículo 49.5 del

Código Estructural [2] son superiores a las obtenidas mediante UNE-EN 1992-1-1 [6].

4.2 Longitudes de solape de armaduras longitudinales

La metodología a emplear en la determinación de la longitud de solape, l_s , de armaduras longitudinales pasivas que estén en posesión de un certificado de adherencia a partir del ensayo de la viga se recoge en el artículo 49.5.2 del Código Estructural [2]. La formulación, que se puede encontrar en su artículo 49.5.2.2, se recoge a continuación (expresión (8)):

$$l_s = \alpha \cdot l_{b,neto} \quad (8)$$

donde:

- α es el coeficiente definido en la Tabla 49.5.2.2 del Código Estructural [2], recogida a continuación (Tabla 4), función del porcentaje de armaduras solapadas en una sección respecto a la sección total de acero de esa misma sección, de la distancia transversal entre empalmes y del tipo de tensión a la que está sometida la barra (tracción o compresión).
- $l_{b,neto}$ es la longitud neta de anclaje.

Tabla 4. Valores de α para determinar la longitud de solape (adaptación de la Tabla 49.5.2.2 del Código Estructural [2])

Distancia entre los empalmes más próximos	% de barras solapadas trabajando a tracción					Barras a comp.
	20	25	33	50	>50	
$a \leq 10\phi$	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	1.0
$a > 10\phi$	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.0

La formulación recogida en el artículo 49.5 del Código Estructural [2] es análoga a la empleada por UNE-EN 1992-1-1 [6]. En ambas normas, la longitud de solape de una barra se

obtiene por incremento de la longitud neta de anclaje, mediante la aplicación del coeficiente α en el Código Estructural [2] y del coeficiente α_6 en UNE-EN 1992-1-1 [6].

Comparando la Tabla 1 con la Tabla 4, se verifica que, para una separación de barras inferior a 10ϕ , el incremento (α) aplicado por el Código Estructural [2] a la longitud neta de anclaje es superior al incremento de UNE-EN 1992-1-1 [6], (α_6). En el caso de una separación de barras superior a 10ϕ los valores del incremento definidos por UNE-EN 1992-1-1 [6] son, aproximadamente, un 10% superiores a los definidos por el Código Estructural [2].

Tras la comparación directa entre los valores de las longitudes de solape obtenidos mediante las dos normas, considerando un solape del 100% de las barras en la misma sección, se ha concluido que:

- Para resistencias del hormigón de 25 y 30 MPa y separaciones de barras inferiores a 10ϕ , las longitudes de solape obtenidas mediante el artículo 49.5 del Código Estructural [2] son superiores a las obtenidas mediante UNE-EN 1992-1-1 [6]. Para separaciones de barras superiores a 10ϕ , las longitudes de solape determinadas con la formulación del artículo 49.5 del Código Estructural [2] son inferiores a las determinadas mediante UNE-EN 1992-1-1 [6]. En ambos casos, las conclusiones son prácticamente independientes del porcentaje de barras solapadas en una misma sección.
- Para resistencias más elevadas del hormigón (>35 MPa) e independientemente de la separación de las barras y del porcentaje de las mismas solapada en una misma sección, en general, las longitudes de solape obtenidas mediante el artículo 49.5 del Código Estructural [2] son superiores a

las obtenidas mediante UNE-EN 1992-1-1 [6].

La comparación completa y detallada se puede encontrar en el apartado 3.1.2 de la *Guía para la determinación de longitudes de anclaje y solape de armaduras pasivas* [5].

5. Conclusiones

La *Guía para la determinación de longitudes de anclaje y solape de armaduras pasivas* [5] se ha desarrollado con el objetivo de facilitar la aplicación del Eurocódigo 2 y estudiar la compatibilidad entre este y el Código Estructural [2] en lo relativo a la determinación de longitudes de anclaje y solape de armaduras pasivas. Si bien los Eurocódigos incluyen, en el Eurocódigo 2, una formulación única, el artículo 49.5 del Código Estructural [2] (incluido en el Capítulo 11, Ejecución de estructuras de hormigón) permite la determinación de las longitudes de anclaje y de solape de armaduras pasivas mediante dos metodologías: la que recoge en su artículo 49.5 y la que recoge en su Anejo 19. La elección de una u otra metodología depende de la vía empleada para certificar las características de adherencia de las barras.

Por un lado, la aplicación de la metodología recogida en el artículo 49.5 del Código Estructural [2], de aplicación si se certifica la adherencia de las barras mediante el ensayo de la viga, presenta diferencias en la formulación y en los valores obtenidos de las longitudes de anclaje y solape cuando comparados con los obtenidos aplicando el capítulo 8 de UNE-EN 1992-1-1 [6]. No obstante, por otro lado, existe coincidencia tanto a nivel de formulación como de los valores de las longitudes de anclaje y solape obtenidos cuando se compara la metodología del Eurocódigo 2 con la recogida en los apartados 8.4 a 8.9 del Anejo 19 del Código Estructural [2], de aplicación si se certifica la adherencia de las barras mediante la geometría de las corrugas, por lo que si se cumple con el Eurocódigo 2 se estará

cumpliendo con el Anejo 19 del Código Estructural [2].

Actualmente, y de acuerdo con la Orden Circular 1/2019 del 25 de marzo de 2019 “Sobre aplicación de los Eurocódigos a los proyectos de carreteras” [1], el proyecto de las estructuras de la Red de Carreteras del Estado debe realizarse cumpliendo las especificaciones contenidas en los Eurocódigos Estructurales. Asimismo, el Código Estructural [2], de obligado cumplimiento según lo indicado en el Real Decreto 470/2021 de 29 de junio de 2021, reconoce en su disposición adicional segunda que “... se podrán adoptar soluciones técnicas de acuerdo a los procedimientos que contemplen los Eurocódigos Estructurales, constituidos por las normas de la serie EN 1990 a 1999 que se refieran al ámbito de este Código y en la versión en vigor en momento de aprobación de este Código, cuya aplicación puede considerarse un medio para demostrar el cumplimiento de las exigencias establecidas en el Código Estructural, respetando en cualquier caso su ámbito de aplicación. Cuando se publiquen actualizaciones de dichos Eurocódigos, podrán utilizarse una vez que sus correspondientes Anejos Nacionales estén publicados en la página web del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.”. A su vez, la disposición adicional segunda del Código Estructural [2] establece que “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.”.

Para los proyectos de la Red de Carreteras del Estado se obtendrán las longitudes de anclaje y de solape según el capítulo 8 de UNE-EN 1992-1-1 [6], cumpliendo lo establecido en la OC 1/2019 [1] y la disposición adicional segunda del Código Estructural [2], a la vez que se cumple con la metodología definida por el Código Estructural [2] en sus apartados 8.4 a 8.9 del Anejo 19, asociada a la certificación de la adherencia de las barras a partir de la

geometría de las corrugas o grafilas, de acuerdo con lo establecido en 49.5 de la misma norma. En los cuadros de especificaciones técnicas se deberá definir, de manera coherente, que la adherencia de las barras de acero pasivo se debe determinar a partir de la geometría de las corrugas o grafilas conforme a lo establecido en la norma UNE-EN ISO 15630-1 [8].

Referencias

- [1] Orden circular 1/2019, Dirección General de Carreteras, Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible. Enlace de descarga: https://www.transportes.gob.es/recursos_mfom/comodin/recursos/2019-03-18_oc_aplicacion_eurocodigos_0.pdf
- [2] Código Estructural, Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, 2021.
- [3] UNE-EN 10080, Acero para el armado del hormigón. Acero soldable para armaduras de hormigón armado. Generalidades.
- [4] UNE 36740, Determinación de la adherencia de las barras y alambres de acero para armaduras de hormigón armado. Ensayo de la viga.
- [5] Guía para la determinación de longitudes de anclaje y solape de armaduras pasivas, Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, 2023. Enlace de descarga: <https://publicaciones.transportes.gob.es/guia-para-la-determinacion-de-longitudes-de-anclaje-y-solape-de-armaduras-pasivas-serie-guias-eurocodigos>
- [6] UNE-EN 1992-1-1, Eurocódigo 2. Proyecto de estructuras de hormigón. Reglas generales y reglas para edificación, AENOR
- [7] UNE-EN 1992-2, Eurocódigo 2. Proyecto de estructuras de hormigón. Puentes de hormigón, AENOR
- [8] UNE-EN ISO 15630-1, Aceros para el armado y el pretensado del hormigón.

Métodos de ensayo. Parte 1: Barras, alambres
y alambrón para hormigón armado.