

# Tolerancia en el empalme por solape (traslape) de grupos (paquetes) de barras según el EC2, la EHE y la ACI-318

## *Tolerance in the overlapping (splice) of bundled bars according to EC2, EHE and ACI-318*

Enrique Hernández-Montes<sup>a</sup>, Rosa María Pascual-Vicente<sup>b</sup>, José M Sénica<sup>c</sup>  
y Luisa María Gil-Martín<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Dr ICCP, Departamento de Mecánica de Estructuras, Universidad de Granada

<sup>b</sup> ICCP, Departamento de I+D, ERSI-Group

<sup>c</sup> Ingeniero industrial, Departamento de Producción, ERSI-Group

Recibido el 5 de agosto de 2019; aceptado el 27 de mayo de 2020

### RESUMEN

El uso de grupos (o paquetes) de barras presenta ventajas tales como la descongestión de barras. Sin embargo, el empalme de este tipo de barras requiere de mayor detalle tanto en el despiece como en la ejecución. El empalme más habitual en este tipo de barras es el empalme por solape (o traslape), escalonando, o no, las barras individuales en la dirección longitudinal. El Eurocódigo 2, la EHE y la ACI-318 difieren en lo relativo a las formas de empalme por solape de grupos de barras y en la longitud de solape necesaria. En esta nota técnica los autores analizan la tolerancia de las tres normativas en función de los tipos de solape en paquetes de barras.

© 2020 Asociación Española de Ingeniería Estructural (ACHE). Publicado por Cinter Divulgación Técnica S.L.L. Todos los derechos reservados.

PALABRAS CLAVE: Empalme por solape; paquetes de barra; longitud de desarrollo.

### ABSTRACT

The use of bundled bars has advantages such as decongestion of bars. However, the splicing of this type of bars requires greater detail both in design and in the execution. The most common lap splice in this type of bars is the splice by staggering the individual bars in the longitudinal direction. Eurocode 2 (EC2), EHE and ACI-318 differ in the ways of splicing by overlap and in the length of overlap required. In this technical note, the authors analyze the tolerance as function of the type of splice in bundled bars.

© 2020 Asociación Española de Ingeniería Estructural (ACHE). Published by Cinter Divulgación Técnica S.L.L. All rights reserved.

KEYWORDS: Lap splice; bundled bars; development length.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la norma ACI-318 [1] (§25.6.1) el empalme por traslape de paquetes de barras está basado en la longitud de empalme por traslape de las barras individuales. Esta norma establece que la longitud de empalme por solape debe incrementarse un 20% en el caso de paquetes de 3 barras y un 33% en el caso

de paquetes de 4 barras. Este incremento de longitud se debe a que el agrupamiento reduce el área exterior del grupo de barras o superficie de adherencia y, por consiguiente, la resistencia al agotamiento por adherencia será menor.

Consideremos a modo de ejemplo el paquete de 4 barras de la figura 1. Se puede ver que cada una de las barras del paquete ha perdido 1/4 de su superficie en contacto con el

\* Persona de contacto / Corresponding author.  
Correo-e / email: [emontes@ugr.es](mailto:emontes@ugr.es) (Enrique Hernández-Montes).

hormigón con lo cual la superficie disponible es la misma que tendrían 3 barras aisladas. Por tanto, en este caso es necesario aumentar longitudinalmente un 33.33% el paquete de cuatro barras para que la superficie de adherencia de las 4 barras juntas sea igual a la superficie de adherencia de las 4 barras aisladas. De la misma forma la longitud de empalme se aumentará en un 20% en el caso de paquetes de 3 barras y, como se puede ver en la [figura 1](#), los paquetes de 2 barras no quedan afectados.

Por el contrario, en el EC2 [2] (§8.9.3) el aumento de la longitud de solape de grupos de barras no es función del número de barras que forman el grupo. Cairns [3] justifica el planteamiento del EC2 [2] basándose en datos experimentales (Banshandy [4] y Cairns [3]). Según Cairns [3] el fallo del empalme no se produce por agotamiento de la adherencia barra-hormigón sino por roturas longitudinales de hendimiento (en inglés "spalling") en el recubrimiento del hormigón.

Al igual que la ACI-318 [1], la normativa española EHE [5] considera la influencia del número de barras que forman el grupo para el cálculo la longitud de anclaje por solape de grupos de barras.

Banshandy [4] estudió el empalme por solape de grupos de barras ejecutado sin escalar, lo que supone que en la zona de solape habrá el doble del número de barras que forman el grupo. Según Banshandy [4] los grupos de barras pueden tratarse como una barra única con un diámetro equivalente y los grupos pueden solaparse por completo, sin necesidad de escalar las barras individuales, siendo preciso en este caso calcular la longitud de solape considerando el área equivalente. Este planteamiento justifica el que el EC2 [2] permita empalmes por solape en grupo de dos barras sin escalar, lo que no está contemplado en ninguna de las otras dos normas (EHE [5] y ACI-318 [1]).

Cairns [3] apoya las conclusiones de Banshandy [4] y deduce que el fallo del empalme por solape de grupos de barras es debido a las fuerzas de estallido del hormigón, esto es, se debe a las tracciones en el hormigón generadas en el área de influencia de las barras traccionadas.

Existen diferencias entre la ACI-318 [1], el EC2 [2] y la EHE [5] en relación al empalme por solape en paquetes de barras, lo que conlleva además tolerancias diferentes. Dichas tolerancias son fundamentales para una fácil ejecución de este tipo de empalme.

## 2. LONGITUDES DE SOLAPE EN LA ACI-318-19 [1], LA EHE-08 [5] Y EL EC2 [2]

### 2.1. Paquetes de dos barras

El empalme por solape de grupos de barras ejecutado sin escalar, que no está permitido por la ACI-318-19 [1] (§25.6.1.7), es aceptado sin embargo de forma explícita por el EC2 [2] para el caso de paquetes de 2 barras siempre que el diámetro equivalente sea menor que 32 mm. La EHE [5] (§69.5.2.3) obliga a poner una barra suplementaria –de diámetro igual al mayor de las barras del grupo– en toda la zona del empalme y, el detalle constructivo recogido en la figura de la norma supone de facto la imposibilidad de ejecutar este tipo de solape sin escalar.

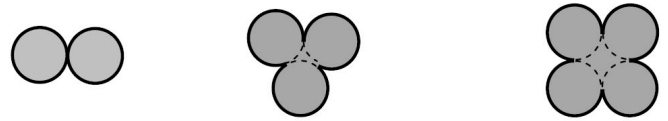


Figura 1. Superficie expuesta en paquetes de 2, 3 y 4 barras.

En el caso de que el empalme se ejecute sin escalar se utilizará el diámetro equivalente para el cálculo de  $l_0$  (longitud de solape o traslape de la barra), ([figura 2](#)). Puesto que cualquier longitud superior a  $l_0$  es admisible existe una gran tolerancia a la hora del despiece y montaje de la armadura.

Si el diámetro equivalente es mayor de 32 mm ninguna norma permite empalmar por solape el paquete de dos barras sin escalar.

Según la ACI-318 [1] será necesario escalar las barras colocando o no una barra suplementaria ([figura 3](#)). Como se puede ver en la [figura 3](#), existe una tolerancia con la que se puede contar en el proceso de diseño. Esta tolerancia es un parámetro fundamental cuando ejecutamos el solape en obra. La tolerancia máxima es  $(\alpha-1.2)l_0$  ([figura 3](#)), donde el valor de  $l_0$  se calcula en función del diámetro de la barra individual y el valor de  $\alpha \cdot l_0$  puede elegir el proyectista ( $\alpha \geq 1.2$ ).

La norma EHE [5] es la única norma que obliga a colocar las barras enfrentadas a tope ( $\alpha=1.2$  en la [figura 3](#)) con la consiguiente dificultad a la hora de colocarlas en obra, sobre todo cuando las barras no son rectas. El EC2 [2] no habla explícitamente de la colocación a tope y para el caso de paquetes de dos barras tampoco indica ningún detalle en forma de dibujo.

### 2.1. Paquetes de tres barras

En el empalme de paquetes de tres barras, el EC2 [2] recomienda escalar las barras individuales al menos  $1.3l_0$  y sugiere el uso de una barra adicional o "barra de solape" ([figura 4](#)). En relación a la norma española, EHE [5] obliga a colocar una barra suplementaria y a disponer las barras del grupo enfrentadas a tope.

Para el caso de paquetes de tres barras la ACI-318 [1] no hace ninguna indicación, lo que implica que podemos optar, al igual que en el caso de solape de grupos de 2 barras, por disponer o no una barra adicional ([figura 5](#)).

Como hemos visto, en el caso de empalme por traslape de paquetes de 3 barras la norma española no permite ninguna tolerancia y obliga a colocar siempre una barra adicional ( $\beta=1.3$  en la [figura 5b](#)).

El EC2 [2] recomienda añadir una barra adicional aunque no obliga a ello. En relación a la tolerancia, aunque del dibujo de la figura 4 podría interpretarse que no está permitido su uso, la norma europea no la prohíbe explícitamente. Si usamos tolerancia, esta sería igual a  $(\beta-1.3)l_0$ .

La norma americana no indica ninguna recomendación en cuanto al uso de una barra adicional y tampoco obliga a colocar las barras enfrentadas a tope, con lo cual se puede proceder de cualquiera de las formas indicadas en la figura 5, siendo en este caso la tolerancia igual a  $(\beta-1.3)l_0$ , siendo  $\beta \geq 1.3$ .

Es importante señalar que la literatura experimental avala el uso de empalme por solape sin barra adicional, Cairns [3],

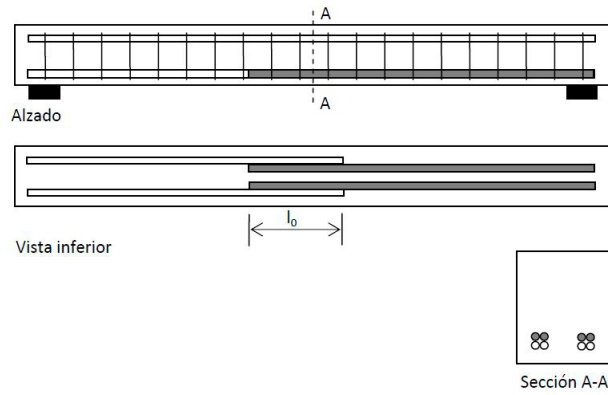


Figura 2. Empalme por solape (traslape) en paquetes de 2 barras, según EC2 [2].

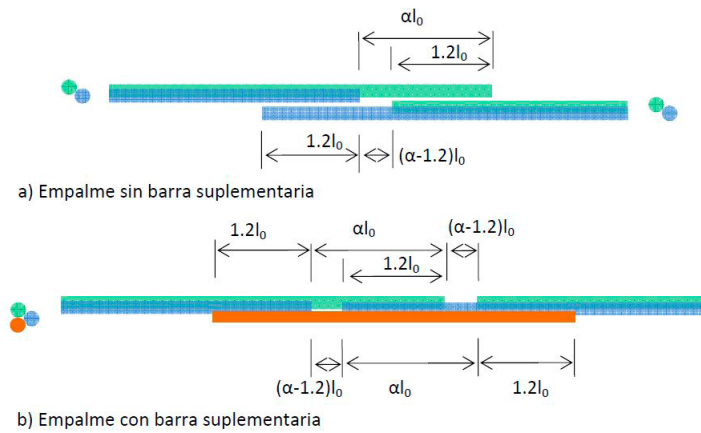


Figura 3. Empalme por solape (traslape) en paquetes de 2 barras de forma escalonada. a) sin barra suplementaria b) con barra suplementaria.

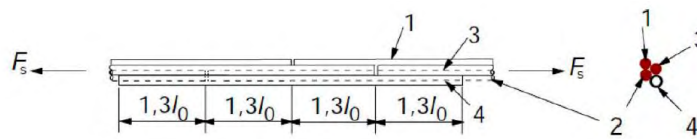


Figura 4. Empalme por solape (traslape) de un paquete de 3 barras. (Figura tomada del EC2 [2]).

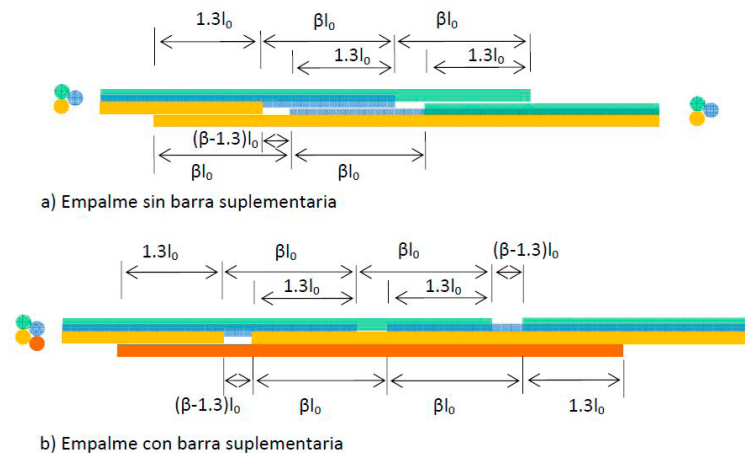


Figura 5. Empalme por solape (traslape) en paquetes de 3 barras de forma escalonada. a) sin barra suplementaria b) con barra suplementaria.

siendo en este caso la tolerancia la misma que en el caso de que se dispusiera una barra suplementaria, ver [figuras 3 y 5](#).

Por tanto, para incrementar la tolerancia en el caso de empalmes de grupos de barras bastará con aumentar la distancia del escalonado de las barras individuales.

## CONCLUSIONES

Las normativas ACI-318, EC2 y EHE tienen requerimientos diferentes en cuanto al empalme por solape de grupos de barras se refiere. Estas diferencias afectan especialmente a la tolerancia, parámetro fundamental a la hora de la colocación en obra de la armadura. La norma española no permite ninguna tolerancia. El EC2 permite el empalme por solape sin escalonar de grupos de dos barras si el diámetro equivalente es

menor de 32 mm, procedimiento no permitido en la ACI-318 en ningún caso, lo que hace que se tenga un gran margen de tolerancia si se emplea el EC2. En general, tanto el EC2 como la ACI-318 permiten tener en cuenta un margen de tolerancia en el diseño del empalme por solape de grupos de barras.

## Referencias

- [1] ACI Committee 318. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19). Farmington Hills, MI: 2019.
- [2] Eurocode 2. "Design of concrete structures-Part 1.1: General rules and rules for buildings." Des Concr Struct - Part 1-1 Gen Rules Rules Build 2004.
- [3] Cairns J. Lap Splices of Bars in Bundles. ACI Struct J 2013;110:110-S16.
- [4] Bashandy TR. Evaluation of Bundled Bar Lap Splices. ACI Struct J 2009;106:215-21.
- [5] EHE-08. Instrucción de Hormigón Estructural. Ministerio de Fomento.