



SERVICELSA PUBLICACIONES

Departamento de asesoramiento técnico de CELSA

Publicación especializada para los profesionales de la construcción

nº 1



**Anclaje y solape de las
mallas electrosoldadas**
de acuerdo con la Instrucción EHE

www.celsa.com

PUBLICACIÓN SERVICELSA N° 1

Marzo 2001

ANCLAJE Y SOLAPO DE LAS MALLAS ELECTROSOLDADAS



INTRODUCCIÓN

Una de las herramientas básicas para poder emplear las mallas electrosoldadas es el conocimiento de cómo anclar y solapar adecuadamente los paneles que constituyen las piezas fundamentales del sistema de armado con mallas. En esta publicación, la n° 1 de SERVICELSA, afrontamos este tema tanto desde un punto de vista teórico como práctico, de forma que el lector pueda conocer no sólo su aplicación en los casos reales, sino también estar informado sobre los antecedentes y fundamentos teóricos y experimentales del tema.

También se ha incluido un pequeño pero muy útil programa que puede introducirse en nuestro *AutoCAD* y que proporciona, con una información básica del problema específico, las longitudes de solapo y un sencillo croquis de cómo es dicho solapo en cuestión. De esta forma, podemos introducir el esquema en nuestro proyecto concreto y proporcionar así al usuario una información adicional muy interesante.

De nuevo le recomendamos que nos contacte para cualquier problema o aclaración que precise. Estamos a su disposición.

www.celsa.com

ANCLAJE Y SOLAPO DE LAS MALLAS ELECTROSOLDADAS



ÍNDICE

1. ADHERENCIA ENTRE EL HORMIGÓN Y LAS ARMADURAS.....	1
2. RAZÓN DE SER DEL ANCLAJE. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	2
3. RAZÓN DE SER DE LOS EMPALMES POR SOLAPO. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	5
4. ANCLAJE DE MALLAS ELECTROSOLDADAS SEGÚN LA INSTRUCCIÓN EHE.....	7
5. EMPALME POR SOLAPO DE MALLAS ELECTROSOLDADAS ACOPLADAS SEGÚN LA INSTRUCCIÓN EHE.....	10
6. EMPALME POR SOLAPO DE MALLAS ELECTROSOLDADAS SUPERPUESTAS SEGÚN LA INSTRUCCIÓN EHE.....	12
7. TABLAS DE ANCLAJE Y SOLAPO DE MALLAS ELECTROSOLDADAS SEGÚN LA INSTRUCCIÓN EHE	13
8. EJEMPLOS DE UTILIZACIÓN DE LAS TABLAS	25
9. PROGRAMA DE SOLAPO DE MALLAS ELECTROSOLDADAS ACOPLADAS SEGÚN LA INSTRUCCIÓN EHE.....	26

1. ADHERENCIA ENTRE EL HORMIGÓN Y LAS ARMADURAS

La adherencia es una de los fenómenos fundamentales que posibilitan las prestaciones del hormigón armado. Con ella se consigue una compatibilidad de deformaciones a nivel seccional que no podría conseguirse con unos anclajes mecánicos en los extremos de la estructura. Además, la adherencia asegura el buen funcionamiento del anclaje de las armaduras en el hormigón y del empalme por solapo. En consecuencia, no pueden tratarse estos dos temas sin abordar previamente este fenómeno.

La adherencia se consigue, básicamente, por tres mecanismos físicos:

- La adhesión, fruto del contacto de los dos materiales.
- El efecto mecánico de las corrugas.
- El rozamiento.

La adherencia depende de muchos factores. No obstante, estos pueden encuadrarse en tres grupos principales: los relativos al hormigón, los relativos al acero y los relativos a las condiciones que rodean a la armadura.

El incremento de la resistencia del hormigón aumenta la capacidad adherente de las armaduras. De forma análoga, el aumento de los recubrimientos de hormigón es beneficioso para la adherencia, al disminuir la probabilidad de agrietamiento por tracciones radiales.

La geometría superficial de las armaduras corrugadas incrementa la adherencia por el anclaje mecánico de sus resaltos en el hormigón. Además, las corrugas hacen que la fisuración sea más favorable, ya que aumenta el número de fisuras por campo y, por lo tanto, se reduce la anchura máxima de las mismas. El diámetro de las armaduras también es un condicionante. A mayor diámetro la fuerza que puede transmitir una barra aumenta de forma cuadrática. A su vez, también aumenta el perímetro de la barra en contacto con el hormigón, pero de forma lineal. Consecuentemente, la adherencia será más relevante para diámetros grandes.

Existen otros factores que influyen en la adherencia. En primer lugar, la existencia de una armadura transversal alrededor de la barra reduce las posibilidades de fisuración por tracciones radiales, beneficiando la adherencia. En este sentido aparece una primera ventaja del empleo de mallas electrosoldadas ya que, en éstas, la armadura transversal suele estar presente. En segundo lugar, la naturaleza de las cargas: duración, repetición y velocidad, influye en el comportamiento de la barra. En tercer lugar, la existencia de compresiones transversales aumenta la adherencia de las barras, aunque hoy por hoy este efecto no puede cuantificarse con precisión.

Finalmente, es muy importante la posición de la barra durante el hormigonado. Si la barra está en posición horizontal y en la parte superior de la pieza, donde la proporción de agua es habitualmente mayor, tiende a acumularse agua debajo de la barra (ver figura 1.a). Indudablemente, la adherencia se ve afectada de forma negativa. En cambio, si la barra está en posición vertical no ocurre este fenómeno (ver figura 1.b) y la adherencia será en consecuencia mejor, al igual que si está situada en posición horizontal, pero en la parte inferior de la pieza.

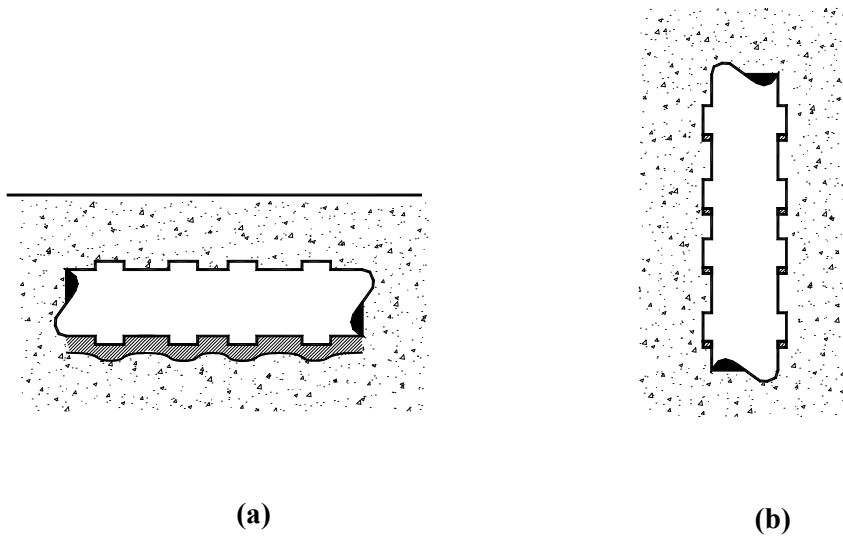


Figura 1: **(a)** Barra en posición horizontal durante el hormigonado.
(b) Barra en posición vertical durante el hormigonado

En los siguientes apartados, se detallan éste y otros factores, siguiendo las prescripciones de la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE), en la medida que afecten al anclaje o al empalme por solapo de mallas electrosoldadas.

2. RAZÓN DE SER DEL ANCLAJE. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

A partir del punto en el que una armadura deja de ser necesaria, se requiere un elemento o un mecanismo que sea capaz de resistir la fuerza a la que está solicitada la barra. Usualmente esta fuerza se transmite al hormigón que rodea la barra gracias al fenómeno de la adherencia, descrito en el apartado anterior.

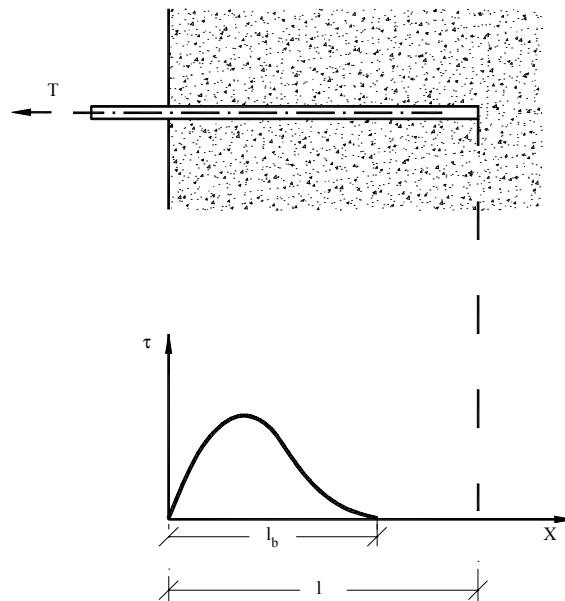


Figura 2: Distribución de las tensiones de adherencia a lo largo de la longitud de anclaje de la barra (l_b)

La magnitud fundamental que se debe determinar es la longitud de anclaje de una barra, es decir, la longitud necesaria para transmitir la fuerza de la barra al hormigón. A continuación, se obtendrá la longitud básica de anclaje según la Instrucción EHE. Esta longitud es la necesaria para anclar la fuerza $A_S f_{yd}$ de una barra recta, suponiendo una tensión de adherencia media, a partir de la distribución real representada en la figura 2. En principio, la expresión que rige el anclaje de una barra es:

$$A_S f_{yd} = \ell_b \tau_{bd} \pi \phi$$

Tomando $A_S = \frac{\pi \phi^2}{4}$ se tiene la siguiente expresión para la longitud básica de anclaje:

$$\ell_b = \frac{f_{yd} \phi}{4 \tau_{bd}} \quad [1]$$

donde ϕ es el diámetro de la barra anclada, f_{yd} es la resistencia de cálculo del acero y τ_{bd} es la tensión media de adherencia. Este último valor es el que hay que determinar para definir explícitamente la longitud básica de anclaje. Según el artículo 31.2º de la EHE, las barras corrugadas deben cumplir unos valores mínimos de tensión media de adherencia para poder ser utilizadas y, con ellos, la longitud de anclaje queda, también, determinada. La expresión de la tensión media mínima de adherencia según EHE es:

$$\tau_{bm} = \begin{cases} 6,88 \text{ MPa} & \text{si } \phi < 8 \text{ mm} \\ 7,84 - 0,12\phi \text{ MPa} & \text{si } 8 \text{ mm} \leq \phi \leq 32 \text{ mm} \\ 4,00 \text{ MPa} & \text{si } \phi > 32 \text{ mm} \end{cases} \quad [2]$$

Esta tensión media de adherencia tiene el sentido de tensión de cálculo porque coincide con la tensión de rotura que se exige en el mismo artículo de la EHE, aplicando un factor de seguridad de 1,6 aproximadamente. En sentido estricto, τ_{bm} corresponde a la tensión media de adherencia cuando $\ell_b = 10\phi$ y la resistencia característica del hormigón es $f_{ck} = 22,5 \text{ MPa}$, ambos valores son los adoptados en el ensayo de la viga o beam-test (ver norma UNE 36740:98) del que se comprueba que la armadura en cuestión cumple los valores mínimos presentes. Además, la posición de las barras debe ser en zona de buena adherencia, es decir, en posición I dentro del hormigón según la Instrucción EHE. Esto último significa que las armaduras, durante el hormigonado, forman con la horizontal un ángulo comprendido entre 45º y 90º o que en caso de formar un ángulo inferior a 45º, están situadas en la mitad inferior de la sección o a una distancia igual o mayor a 30 cm de la cara superior de una capa de hormigonado.

Para poder tener en cuenta resistencias características del hormigón distintas de 22,5 MPa, se debe multiplicar τ_{bm} por un coeficiente θ que se ha obtenido experimentalmente¹:

$$\theta = \left(\frac{f_{ck}}{f_{c0}} \right)^\alpha \quad [3]$$

¹ Coeficiente obtenido experimentalmente por el Instituto Torroja a partir de múltiples ensayos

donde $f_{c0} = 22,5$ MPa y el valor de α depende del valor de f_{ck} según:

$$\alpha = \begin{cases} 1 & \text{si } f_{ck} < 17,5 \\ 2/3 & \text{si } 17,5 \leq f_{ck} \leq 25 \\ 1/2 & \text{si } 25 < f_{ck} \leq 50 \end{cases} \quad [4]$$

En general, tampoco se cumplirá que $\ell_b = 10\phi$. Al aumentar la longitud de anclaje la tensión media de adherencia disminuye. Si se define la variable $n = \frac{\ell_b}{\phi}$, se debe multiplicar τ_{bm} por un coeficiente η que vale:

$$\eta = \begin{cases} \frac{90-n}{80} & \text{si } 10 \leq n \leq 50 \\ \frac{1}{2} & \text{si } n > 50 \end{cases} \quad [5]$$

Considerando las dos modificaciones a la vez se llega al siguiente resultado:

$$\tau_{bd} = \theta\eta\tau_{bm} \quad [6]$$

Si se resuelve la ecuación [1], aplicando la expresión anterior (ecuación [6]) se obtiene la expresión teórica de la longitud básica de anclaje en posición I:

$$\ell_b = \begin{cases} \left(45 - \sqrt{45^2 - \frac{20f_{yd}}{\theta\tau_{bm}}} \right) \phi & \text{si } 10 \leq n \leq 50 \\ \frac{f_{yd}}{2\theta\tau_{bm}} \phi & \text{si } n > 50 \end{cases} \quad [7]$$

Esta longitud de anclaje corresponde al caso de barras en posición de buena adherencia (posición I). Para barras en posición de adherencia deficiente, denominada posición II, la longitud de anclaje anterior (expresión [7]) debe multiplicarse por 1,4.

En realidad, la instrucción EHE es un poco más conservadora y no incluye la expresión [7]. Esto se debe a que las tensiones medias de adherencia empleadas en [7] se determinan, como ya se ha expuesto, en el ensayo de homologación denominado ensayo de la viga o "beam-test", en el cual las condiciones de recubrimiento y de armadura transversal pueden ser distintas y mejores que en muchos casos reales. En este sentido, la instrucción EHE simplifica la expresión [7] dando unas ecuaciones para calcular la longitud básica de anclaje, que están del lado de la seguridad para los diámetros usuales:

Para barras en posición I:

$$\ell_{bI} = m\phi^2 \geq \frac{f_{yk}}{20} \phi \quad [8]$$

Para barras en posición II:

$$l_{bII} = 1,4m\phi^2 \geq \frac{f_{yk}}{14} \phi \quad [9]$$

Donde m es un coeficiente que depende de f_{ck} (MPa) y de f_{yk} (MPa), y ϕ es el diámetro de la barra en cm. Los valores de m se pueden encontrar en la siguiente tabla:

Resistencia característica del hormigón (Mpa)	m	
	ACERO B 400 SD	ACERO B 500 SD
25	12	15
30	10	13
35	9	12
40	8	11
45	7	10
50	7	10

Tabla 1. Valores de m en función de las resistencias del acero y del hormigón

3. RAZÓN DE SER DE LOS EMPALMES POR SOLAPO. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

El empalme de las armaduras surge por las limitaciones de sus dimensiones que impone la elaboración, el transporte y la puesta en obra de las mismas.

En el caso de las mallas electrosoldadas la longitud máxima razonable es de 12 m para permitir el transporte en condiciones normales. A veces, la longitud debe limitarse por otros motivos, por ejemplo, en función de los medios disponibles pueden interesar paneles menos pesados o paneles más rígidos. También debe limitarse el ancho de los paneles de malla a un máximo de 2,45 m para poder ser transportados en un camión normal.

El mecanismo del empalme por solapo consiste en la transmisión de la fuerza de una barra de acero al hormigón y de éste a la otra barra de acero solapada con la anterior. Para barras traccionadas, la transmisión de la fuerza de barra a barra a través del hormigón se consigue por un mecanismo de bielas comprimidas a 45°, asociadas a unas fuerzas de tracción perpendiculares a la dirección del solapo, cuya resultante es igual a la fuerza transmitida por el solapo (ver figura 3).

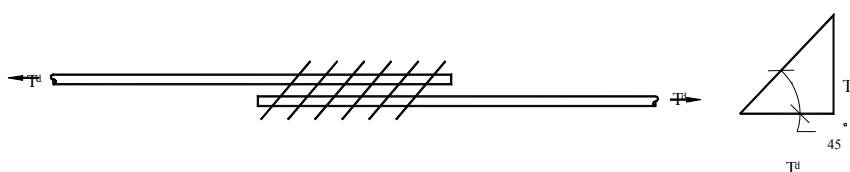


Figura 3: Mecanismo de transmisión de la fuerza de tracción de barra a barra a través del hormigón

En el solapo de barras comprimidas, se tiene una situación, en principio, más favorable porque aparecen unas compresiones en la punta de las mismas que pueden ser importantes para diámetros grandes. También en este caso aparecen unas tracciones transversales, que, debido a las fuerzas de punta, tienden a concentrarse en los extremos de las barras solapadas. Tanto para barras traccionadas como para barras comprimidas debería disponerse una armadura transversal distribuida en la zona de solapo para absorber las tracciones que aparecen. Es suficiente una armadura transversal con la misma capacidad mecánica que la barra más gruesa solapada. La misma armadura transversal puede coser distintos solapes paralelos (ver figura 4) y utilizarse de forma simultánea para resistir los esfuerzos transversales de la pieza.

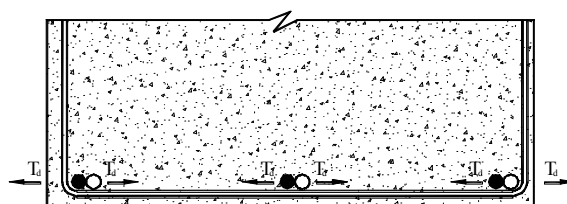


Figura 4: Fuerzas T_d que aparecen en los solapos, cuya resultante es nula

Los mecanismos que permiten el empalme por solapo de las armaduras están íntimamente relacionados con los mecanismos que permiten el anclaje de las mismas en el hormigón, que a su vez, se fundamentan en el fenómeno de la adherencia. Por este motivo, es usual obtener la longitud de solapo a partir de la longitud básica de anclaje.

Las barras solapadas deben estar en contacto o separarse un máximo de 4 veces el diámetro. Además, si no están en contacto, deberán estar suficientemente separadas para que queden bien embebidas en el hormigón. La instrucción EHE fija este valor mínimo como el mayor de los tres valores siguientes:

- 1,25 veces el tamaño máximo de árido
- 2 cm
- el diámetro de la barra mayor solapada

En el caso de las mallas electrosoldadas, existen dos tipos de solapo, según la disposición de las mismas:

- Mallas acopladas, cuando los ejes de las barras solapadas están en el mismo plano (figuras 5.a y 5.b)
- Mallas superpuestas, cuando no se cumple la condición anterior (figuras 5.c y 5.d)

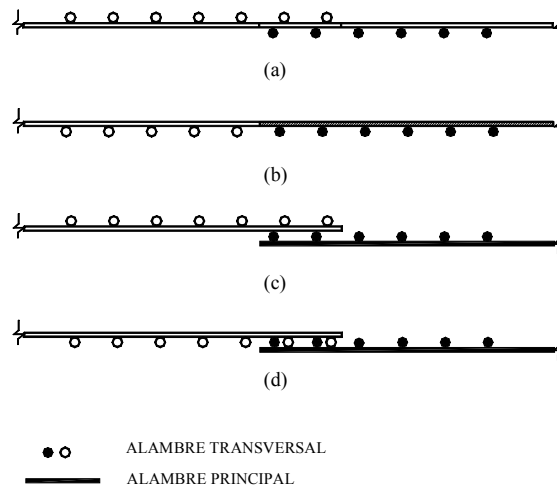


Figura 5. Formas de disponer los paneles de malla electrosoldada.

- (a) mallas acopladas en una dirección.
- (b) mallas acopladas en ambas direcciones.
- (c) mallas superpuestas en ambas direcciones.
- (d) mallas superpuestas en una dirección

La posición más favorable para el solapo es cuando las mallas están acopladas. Así lo considera la instrucción EHE, que da longitudes de solapo menores en este caso. Además, aunque podría parecer que constructivamente es más sencillo ejecutar mallas superpuestas, existen soluciones para mallas acopladas que mejoran los rendimientos de colocación de mallas superpuestas, como veremos más adelante.

4. ANCLAJE DE MALLAS ELECTROSOLDADAS SEGÚN LA INSTRUCCIÓN EHE

El anclaje de mallas electrosoldadas sigue las reglas generales del anclaje de barras. Por esta razón, también denominamos barra a un elemento longitudinal o transversal de un panel de malla electrosoldada.

Sin embargo, el anclaje de mallas electrosoldadas tiene unas peculiaridades que permiten simplificar la formulación. Además, la armadura transversal soldada en la zona de anclaje, cuando está presente, tiene como mínimo dos efectos beneficiosos para el anclaje:

- la armadura transversal alrededor de la barra reduce las posibilidades de fisuración por tracciones radiales y esto beneficia a la adherencia
- las barras transversales soldadas en la zona de anclaje absorben parte de la fuerza a que está sometido el anclaje

La instrucción EHE no cuantifica el primer efecto beneficioso, que sin embargo sí se contempla en las reglas de anclaje del MODEL CODE 90. El segundo efecto

beneficioso sí que está cuantificado por la instrucción EHE como se verá a continuación.

Determinación de la longitud de anclaje

En primer lugar se debe saber la posición que ocupa la malla en la pieza. Se distinguen, al igual que en el caso de barras, los siguientes casos:

- a) Posición I, de adherencia buena, para las armaduras que durante el hormigonado forman con la horizontal un ángulo comprendido entre 45° y 90° o que en caso de formar un ángulo inferior a 45° , están situadas en la mitad inferior de la sección o a una distancia igual o mayor a 30 cm de la cara superior de una capa de hormigonado.
- b) Posición II, de adherencia deficiente, para las armaduras que, durante el hormigonado, no se encuentran en ninguno de los casos anteriores.

En segundo lugar se obtiene la longitud básica de anclaje según la formulación simplificada de la EHE:

Para barras en posición I:

$$l_{bI} = \frac{f_{yk}}{20} \phi \quad (\text{en cm}) \quad [10]$$

Para barras en posición II:

$$l_{bII} = \frac{f_{yk}}{14} \phi \quad (\text{en cm}) \quad [11]$$

Donde f_{yk} es el límite elástico garantizado del acero en MPa y ϕ es el diámetro de la barra en cm. Nótese que las expresiones [10] y [11] son más simples que las introducidas anteriormente [8] y [9]. Esto es posible porque la instrucción EHE limita la resistencia característica mínima del hormigón a 25 MPa y el diámetro mayor que se considera para las mallas es de 16 mm. En esas condiciones, siempre es más restrictiva la condición que aparece en las expresiones [10] y [11]. En el caso de que puedan existir efectos dinámicos, por ejemplo acciones sísmicas, la longitud básica de anclaje debe aumentarse en 10ϕ . Este aumento, juntamente con el uso de aceros con características especiales de ductilidad, tales como el B 400 SD y el B 500 SD, son unos requisitos necesarios para poder considerar el comportamiento dúctil de la estructura.

En tercer lugar se obtiene la longitud neta de anclaje aplicando unos coeficientes a la longitud básica de anclaje obtenida en [10] o [11]. La instrucción EHE permite dos reducciones de la longitud básica de anclaje:

- Factor de corrección por armadura superabundante (k_{b1})
- Factor de corrección por presencia de armadura transversal soldada (k_{b2})

El factor de corrección por armadura superabundante se define como:

$$k_{b1} = \frac{A_{s,nec}}{A_{s,real}} \quad [12]$$

Donde $A_{s,nec}$ es el área necesaria de acero obtenida por el cálculo y $A_{s,real}$ es el área de acero realmente presente en el armado. Este factor tiene en cuenta que la fuerza que se debe anclar no es $f_{yd}A_{s,real}$, sino que es $f_{yd}A_{s,nec}$, como máximo.

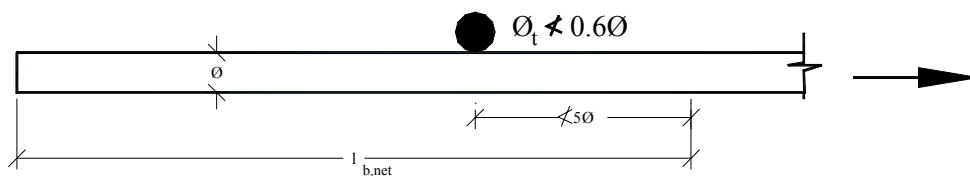


Figura 6. Criterio para poder considerar una barra transversal soldada

El factor de corrección por presencia de armadura transversal soldada solamente puede considerarse si el diámetro de la barra transversal ϕ_t es mayor o igual que $0,6\phi$, donde ϕ es el diámetro de la barra que se está anclando, y si la barra transversal está a una distancia de 5ϕ o superior desde el inicio del anclaje (ver figura 6). El valor que se considera es:

$$k_{b2} = 0,7 \quad [13]$$

Este valor equivale a suponer que la barra transversal soldada absorbe, como mínimo, un 30 % de la fuerza que se está anclando. En consecuencia, deberá asegurarse que la resistencia de la unión soldada sea mayor que el 30 % de $f_{yd}A_s$, donde A_s es el área de la barra. En realidad, esto está del lado de la seguridad, ya que una vez en el interior del hormigón, el nudo soldado absorbe una fuerza superior a la de su resistencia al cizallamiento. Si no se puede considerar la contribución de una barra transversal soldada el valor de k_{b2} se tomará igual a 1.

La longitud neta de anclaje se define como:

$$\ell_{b,neta} = \ell_b k_{b1} k_{b2} \quad [14]$$

donde ℓ_b se obtiene de las expresiones [10] o [11].

Para mallas electrosoldadas con barras dobles se debe adoptar para la longitud neta de anclaje el valor de $1,3\ell_{b,neta}$.

En cualquier caso, la longitud neta de anclaje no podrá tomar valores inferiores a:

- 10ϕ , para barras dobles $\phi_e = \sqrt{2}\phi$
- 15 cm
- la tercera parte de la longitud básica de anclaje para barras traccionadas y dos tercios de dicha longitud para barras comprimidas

5. EMPALME POR SOLAPO DE MALLAS ELECTROSOLDADAS ACOPLADAS SEGÚN LA INSTRUCCIÓN EHE

En el solapo de mallas electrosoldadas acopladas, los ejes de las barras solapadas están en el mismo plano, con lo que se consigue una disposición óptima del solapo. La longitud de solapo se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$l_s = l_{b,neto} \alpha \quad [15]$$

donde $l_{b,neto}$ es la longitud neta de anclaje y los valores de α se recogen en la siguiente tabla:

Valores de α

Distancia entre los empalmes más próximos (ver figura 7)	Porcentaje de barras solapadas trabajando a tracción, con relación a la sección total de acero					Barras solapadas trabajando normalmente a compresión en cualquier porcentaje
	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

Tabla 2. Valores de α en función de las características del solapo

Para cargas predominantemente estáticas, se permite el solapo del 100 % de la armadura en la misma sección. Para cargas dinámicas sólo se permite el solapo del 100 %, si toda la armadura está dispuesta en una capa y del 50 % en caso contrario. En este último caso, los solapos deben distanciarse entre sí como mínimo $l_{b,neto}$.

Si se utilizan barras dobles, debe tenerse en cuenta el incremento en la longitud neta de anclaje.

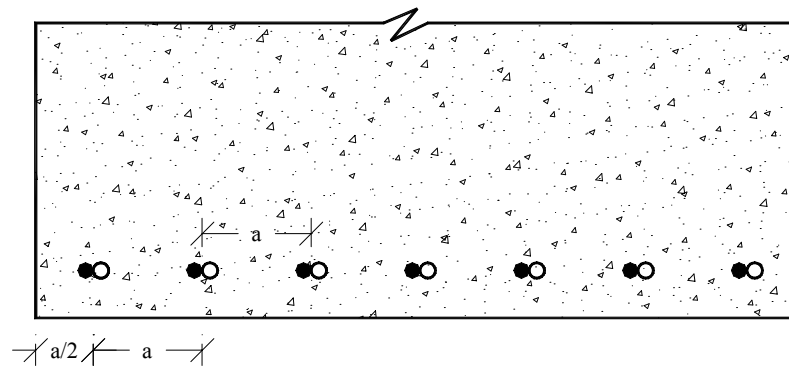


Figura 7. El valor de a corresponde a la distancia entre los empalmes más próximos que aparece en la tabla 2

Existen dos formas distintas para conseguir el empalme por solapo de las mallas electrosoldadas acopladas. La primera posibilidad, representada en la figura 5.a de la página 7, se puede conseguir con mallas tipo estándar, pero requiere unas operaciones casi impracticables en obra, ya que a medida que se avanza en la colocación de los paneles, éstos deben ser levantados alternativamente. Nótese, además, que con esta posibilidad no se consigue que las barras transversales del panel estén acopladas. Por esta razón, las mallas estándar suelen ser solapadas por superposición como se verá en el siguiente apartado.

La segunda posibilidad, representada en la figura 5.b, es el empleo de mallas especiales, es decir, mallas elaboradas a medida en función de las condiciones de la obra. La malla se fabrica con unos sobrelargos especiales frontales y laterales, consiguiendo la máxima facilidad en la colocación de los paneles. En este caso puede conseguirse el empalme por solapo como mallas acopladas en ambas direcciones. La geometría típica de una malla especial de este tipo puede verse en la figura 8.

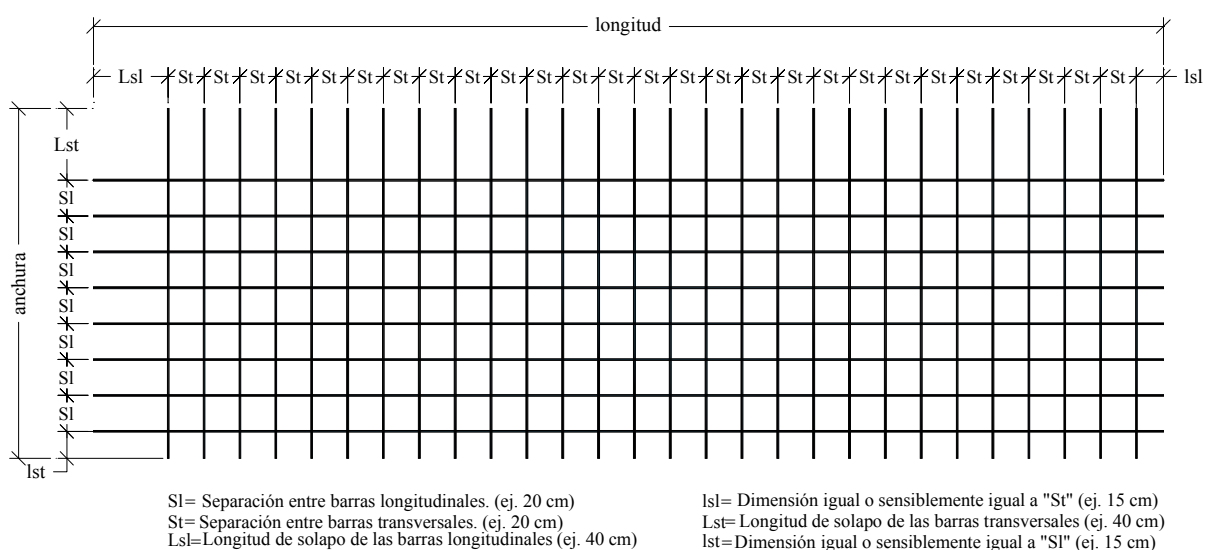


Figura 8. Tipología de panel especial

Esta forma de acoplar las mallas (figura 5.b) tiene ventajas evidentes frente a las otras, como la expuesta en la figura 5.a o las obtenidas con las mallas superpuestas (figuras 5.c y 5.d). Estas ventajas derivadas del empleo de mallas especiales así diseñadas, son:

- Se evitan las 4 capas de mallas en las zonas de solapo de mallas superpuestas (figura 9)
- Las longitudes de solapo están definidas en el mismo panel (figura 8), con lo que se precisa un menor control de ejecución y se consigue mayor rapidez de colocación

Estas ventajas, juntamente con las ventajas generales del empleo de mallas frente a la ferralla convencional, hacen que el empleo de mallas especiales sea una opción plenamente competitiva en cuanto a costes y a plazos.

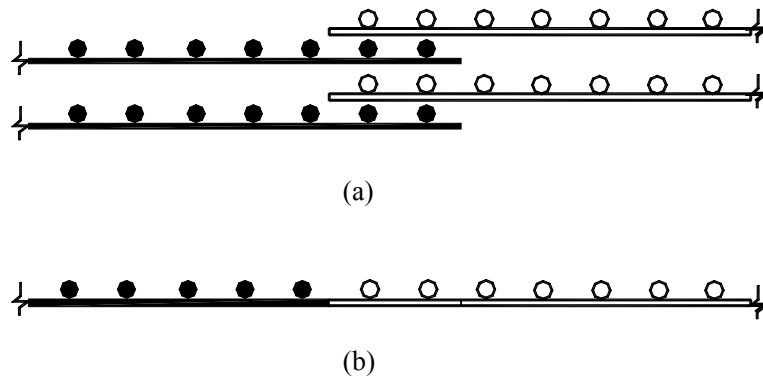


Figura 9. (a) Detalle de solapo de mallas superpuestas, 4 capas.
(b) Detalle de solapo de mallas acopladas, una sola capa

6. EMPALME POR SOLAPO DE MALLAS ELECTROSOLDADAS SUPERPUESTAS SEGÚN LA INSTRUCCIÓN EHE

En el solapo de mallas electrosoldadas superpuestas, los ejes de las barras solapadas no están en el mismo plano. Deben distinguirse dos casos:

- Cuando la separación entre elementos solapados sea mayor de 10ϕ :

$$\ell_s = 1,7 \ell_b \quad [16]$$

- En caso contrario:

$$\ell_s = 2,4 \ell_b \quad [17]$$

donde ℓ_b es la longitud básica de anclaje.

Además, deben respetarse los siguientes mínimos:

- 15ϕ , para barras dobles $\phi_e = \sqrt{2} \phi$
- 20 cm

La proporción de elementos que pueden ser solapados en una misma sección será también del 100 % si se dispone de una sola capa de mallas y del 60 % en caso contrario. En este caso, la distancia mínima entre solapos será de $1,5 \ell_b$.

Si se utilizan barras dobles, debe tenerse en cuenta el incremento en la longitud básica de anclaje. En este caso, además, si $\phi > 8,5$ mm, sólo se permite solapar el 60 % de la armadura como máximo.

7. TABLAS DE ANCLAJE Y SOLAPO DE MALLAS ELECTROSOLDADAS SEGÚN LA INSTRUCCIÓN EHE

En este apartado se presentan unas tablas cuyo objetivo es facilitar la obtención del anclaje y del solapo de mallas electrosoldadas. Se distinguen dos posibilidades: el empleo de paneles estándar y el empleo de paneles especiales. Se considera para ambos tipos su disposición usual: mallas superpuestas para paneles estándar y mallas acopladas para paneles especiales.

Nótese que, según la formulación empleada, la resistencia característica del hormigón no influye en los cálculos del anclaje y del solapo, solamente debe asegurarse que el hormigón cumple el requisito de resistencia mínima establecida por la instrucción EHE, es decir, que $f_{ck} \geq 25$ MPa. Para las mallas estándar se considera que el acero es B 500 SD, ya que las mallas estándar se fabrican sólo con dicha resistencia, mientras que para las mallas especiales el tipo de acero se especifica explícitamente, pudiendo ser B400SD y B500SD. También se considera el incremento de longitud básica de anclaje necesario cuando existen efectos dinámicos.

ANCLAJE Y SOLAPO DE MALLAS ESTÁNDAR

ACERO B500SD
SIN EFECTOS DINÁMICOS
POSICIÓN I Y II

LONGITUDES DE ANCLAJE RECTO DE MALLAS ESTÁNDAR (cm) según EHE. SIN EFECTOS DINÁMICOS		
TIPOS DE MALLAS	POSICIÓN I	POSICIÓN II
C-65 (30x30 φ 5-5)	15	18
C-98 (20x20 φ 5-5)		15
C-131 (15x15 φ 5-5)		22
C-81 (35x35 φ 6-6)		
C-94 (30x30 φ 6-6)		
C-141 (20x20 φ 6-6)		
C-188 (15x15 φ 6-6)		15
C-251 (20x20 φ 8-8)		20
C-335 (15x15 φ 8-8)		
C-393 (20x20 φ10-10)		
C-524 (15x15 φ10-10)	18	25
C-565 (20x20 φ12-12)	21	30
C-754 (15x15 φ12-12)		
R-98 (20x30 φ 5-5)	15	15
R-131 (15x30 φ 5-5)		
R-188 (15x30 φ 6-6)		
R-335 (15x30 φ 8-8)		20
R-524 (15x30 φ10-10)		18
R-754 (15x30 φ12-12)	21	30

Tabla 1

LONGITUDES DE EMPALME POR SOLAPO DE MALLAS ESTÁNDAR (cm) según EHE SIN EFECTOS DINÁMICOS				
TIPOS DE MALLA	MALLAS SUPERPUSTAS			
	POSICIÓN I		POSICIÓN II	
	Barras Transversales ⁽¹⁾	Barras Longitudinales	Barras Transversales ⁽¹⁾	Barras Longitudinales
C-65 (30x30 φ 5-5)	26	26	31	31
C-98 (20x20 φ 5-5)				
C-131 (15x15 φ 5-5)				
C-81 (35x35 φ 6-6)				
C-94 (30x30 φ 6-6)				
C-141 (20x20 φ 6-6)				
C-188 (15x15 φ 6-6)	40	34	50**	37
C-251 (20x20 φ 8-8)			75**	
C-335 (15x15 φ 8-8)			50	
C-393 (20x20 φ10-10)			75**	
C-524 (15x15 φ10-10)	43	43	65	61
C-565 (20x20 φ12-12)	75**	51	75	73
C-754 (15x15 φ12-12)	65**		73	
R-98 (20x30 φ 5-5)	26	26	31	31
R-131 (15x30 φ 5-5)				
R-188 (15x30 φ 6-6)			50**	37
R-335 (15x30 φ 8-8)			50**	49
R-524 (15x30 φ10-10)			43	43
R-754 (15x30 φ12-12)	65**	51	73	73

Tabla 2

⁽¹⁾Para calcular estos solapos se ha tenido en cuenta la estructura de los paneles estándar basada en la ausencia de una barra en cada lado del panel, de forma que se consiga, en general, un ahorro en peso a la hora de realizar los solapos.

El solapo que figura en las tablas se corresponde con la idea de hacer que las mallas se solapen haciendo uso del sistema de ahorro en borde (mediante omisión de barra) antes citado, siempre que se cumplan las tolerancias de separación entre barras y las tolerancias de longitud de solapo. Cuando no es posible efectuar el solapo de forma que el ahorro en borde proporcione una colocación adecuada de las barras, estas tolerancias de separación entre barras y de la propia longitud de solapo deberán respetarse igualmente, de forma que la mencionada longitud de solapo obtenida según la EHE, deberá ajustarse en cada caso para cumplir las restantes condiciones de posicionamiento de las barras. La desviación admisible en separación de barras es de 5 cm, sea por exceso o por defecto. La desviación por defecto admisible en longitud de solapo es de un 5 % sobre el valor dado por la instrucción EHE.

Nótese que las longitudes de solapo transversal resultantes son, en algunos casos, claramente elevadas. En la tabla, se han marcado con ** estas longitudes que exceden con mucho a las obtenidas teóricamente. Este problema tiene una sencilla solución: **EMPLEAR PANELES ESPECIALES** con lo que se evita la problemática de la barra omitida de ahorro, se consigue que los paneles estén acoplados en el solapo y, con ello, se reducen las longitudes necesarias para los mismos.

ANCLAJE Y SOLAPO DE MALLAS ESTÁNDAR

ACERO B500SD CON EFECTOS DINÁMICOS POSICIÓN I Y II

LONGITUDES DE ANCLAJE RECTO DE MALLAS ESTÁNDAR (cm) según EHE. CON EFECTOS DINÁMICOS		
TIPOS DE MALLAS	POSICIÓN I	POSICIÓN II
C-65 (30x30 ϕ 5-5)	18	23
C-98 (20x20 ϕ 5-5)	15	16
C-131 (15x15 ϕ 5-5)		
C-81 (35x35 ϕ 6-6)		
C-94 (30x30 ϕ 6-6)	21	26
C-141 (20x20 ϕ 6-6)		23
C-188 (15x15 ϕ 6-6)	15	20
C-251 (20x20 ϕ 8-8)		
C-335 (15x15 ϕ 8-8)	20	26
C-393 (20x20 ϕ 10-10)		
C-524 (15x15 ϕ 10-10)	25	32
C-565 (20x20 ϕ 12-12)		
C-754 (15x15 ϕ 12-12)	30	39
R-98 (20x30 ϕ 5-5)		
R-131 (15x30 ϕ 5-5)	15	16
R-188 (15x30 ϕ 6-6)		20
R-335 (15x30 ϕ 8-8)		26
R-524 (15x30 ϕ 10-10)	20	26
R-754 (15x30 ϕ 12-12)		
	25	32
	30	39

Tabla 3

LONGITUDES DE EMPALME POR SOLAPO DE MALLAS ESTÁNDAR (cm) según EHE CON EFECTOS DINÁMICOS				
TIPOS DE MALLA	MALLAS SUPERPUESTAS			
	POSICIÓN I		POSICIÓN II	
	Barras Transversales ⁽¹⁾	Barras Longitudinales	Barras Transversales ⁽¹⁾	Barras Longitudinales
C-65 (30x30 ϕ 5-5)	30	30	39	39
C-98 (20x20 ϕ 5-5)			60**	
C-131 (15x15 ϕ 5-5)			50**	
C-81 (35x35 ϕ 6-6)	36	36	47	47
C-94 (30x30 ϕ 6-6)			60**	
C-141 (20x20 ϕ 6-6)			50	
C-188 (15x15 ϕ 6-6)	50**	48	75**	63
C-251 (20x20 ϕ 8-8)	75**		63	
C-335 (15x15 ϕ 8-8)	50		78	
C-393 (20x20 ϕ 10-10)	75**	60	78	78
C-524 (15x15 ϕ 10-10)	65		94	
C-565 (20x20 ϕ 12-12)	75	72	94	94
C-754 (15x15 ϕ 12-12)	72		94	
R-98 (20x30 ϕ 5-5)	30	30	50**	39
R-131 (15x30 ϕ 5-5)			50**	
R-188 (15x30 ϕ 6-6)			36	
R-335 (15x30 ϕ 8-8)	50	48	63	63
R-524 (15x30 ϕ 10-10)	65	60	78	78
R-754 (15x30 ϕ 12-12)	72	72	94	94

Tabla 4

⁽¹⁾Para calcular estos solapos se ha tenido en cuenta la estructura de los paneles estándar basada en la ausencia de una barra en cada lado del panel, de forma que se consiga, en general, un ahorro en peso a la hora de realizar los solapos.

El solapo que figura en las tablas se corresponde con la idea de hacer que las mallas se solapen haciendo uso del sistema de ahorro en borde (mediante omisión de barra) antes citado, siempre que se cumplan las tolerancias de separación entre barras y las tolerancias de longitud de solapo. Cuando no es posible efectuar el solapo de forma que el ahorro en borde proporcione una colocación adecuada de las barras, estas tolerancias de separación entre barras y de la propia longitud de solapo deberán respetarse igualmente, de forma que la mencionada longitud de solapo obtenida según la EHE, deberá ajustarse en cada caso para cumplir las restantes condiciones de posicionamiento de las barras. La desviación admisible en separación de barras es de 5 cm, sea por exceso o por defecto. La desviación por defecto admisible en longitud de solapo es de un 5 % sobre el valor dado por la instrucción EHE.

Nótese que las longitudes de solapo transversal resultantes son, en algunos casos, claramente elevadas.

En la tabla, se han marcado con ** estas longitudes que exceden con mucho a las obtenidas teóricamente. Este problema tiene una sencilla solución: **EMPLEAR PANELES ESPECIALES** con lo que se evita la problemática de la barra omitida de ahorro, se consigue que los paneles estén acoplados en el solapo y, con ello, se reducen las longitudes necesarias para los mismos.

ANCLAJE DE MALLAS ESPECIALES

ACERO B400SD	SIN EFECTOS DINÁMICOS	POSICIÓN I
ACERO B500SD	CON EFECTOS DINÁMICOS	POSICIÓN II

Diámetro Del Alambre (mm)	LONGITUDES DE ANCLAJE RECTO DE MALLAS ESPECIALES (cm) según EHE SIN EFECTOS DINÁMICOS			
	$f_{yk}=400$ MPa		$f_{yk}=500$ MPa	
	POSICIÓN I	POSICIÓN II	POSICIÓN I	POSICIÓN II
6	15	18	15	22
8	16	23	20	29
10	20	29	25	36
12	24	35	30	43
16	32	46	40	58

Tabla 5

Diámetro Del Alambre (mm)	LONGITUDES DE ANCLAJE RECTO DE MALLAS ESPECIALES (cm) según EHE CON EFECTOS DINÁMICOS			
	$f_{yk}=400$ MPa		$f_{yk}=500$ MPa	
	POSICIÓN I	POSICIÓN II	POSICIÓN I	POSICIÓN II
6	18	24	21	28
8	24	31	28	37
10	30	39	35	46
12	36	54	42	55
16	48	62	56	74

Tabla 6

SOLAPO DE MALLAS ESPECIALES ACOPLADAS

ACERO B400SD
SIN EFECTOS DINÁMICOS
POSICIÓN I

$f_{yk}=400\text{Mpa}$ Posición I, de buena adherencia Más del 50 % de barras solapadas a tracción						
Longitud de solapo (cm)		Separación entre alambres (cm)				
		10	15	20	25	30
diámetro del alambre (mm)	6	21	21	21	21	21
	8	23	23	23	23	23
	10	40	28	28	28	28
	12	48	34	34	34	34
	16	64	64	45	45	45

Tabla 7

$f_{yk}=400\text{MPa}$ Posición I, de buena adherencia $\leq 50\%$ de barras solapadas a tracción						
Longitud de solapo (cm)		Separación entre alambres (cm)				
		10	15	20	25	30
diámetro del alambre (mm)	6	20	20	20	20	20
	8	21	21	21	21	21
	10	36	26	26	26	26
	12	44	32	32	32	32
	16	58	58	42	42	42

Tabla 8

$f_{yk}=400\text{MPa}$ Posición I, de buena adherencia Barras solapadas trabajando normalmente a compresión						
Longitud de solapo (cm)		Separación entre alambres (cm)				
		10	15	20	25	30
diámetro del alambre (mm)	6	15	15	15	15	15
	8	16	16	16	16	16
	10	20	20	20	20	20
	12	24	24	24	24	24
	16	32	32	32	32	32

Tabla 9

SOLAPO DE MALLAS ESPECIALES ACOPLADAS

ACERO B400SD
SIN EFECTOS DINÁMICOS
POSICIÓN II

$f_{yk}=400\text{MPa}$ Posición II, de adherencia deficiente Más del 50 % de barras solapadas a tracción						
Longitud de solapo (cm)		Separación entre alambres (cm)				
		10	15	20	25	30
diámetro del alambre (mm)	6	24	24	24	24	24
	8	32	32	32	32	32
	10	58	40	40	40	40
	12	69	48	48	48	48
	16	92	92	64	64	64

Tabla 10

$f_{yk}=400\text{MPa}$ Posición II, de adherencia deficiente $\leq 50\%$ de barras solapadas a tracción						
Longitud de solapo (cm)		Separación entre alambres (cm)				
		10	15	20	25	30
diámetro del alambre (mm)	6	23	23	23	23	23
	8	30	30	30	30	30
	10	52	38	38	38	38
	12	62	45	45	45	45
	16	83	83	60	60	60

Tabla 11

$f_{yk}=400\text{MPa}$ Posición II, de adherencia deficiente Barras solapadas trabajando normalmente a compresión						
Longitud de solapo (cm)		Separación entre alambres (cm)				
		10	15	20	25	30
diámetro del alambre (mm)	6	18	18	18	18	18
	8	23	23	23	23	23
	10	29	29	29	29	29
	12	35	35	35	35	35
	16	46	46	46	46	46

Tabla 12

SOLAPO DE MALLAS ESPECIALES ACOPLADAS

ACERO B500SD
SIN EFECTOS DINÁMICOS
POSICIÓN I

$f_{yk}=500\text{MPa}$ Posición I, de buena adherencia Más del 50 % de barras solapadas a tracción						
Longitud de solapo (cm)		Separación entre alambres (cm)				
		10	15	20	25	30
diámetro del alambre (mm)	6	21	21	21	21	21
	8	28	28	28	28	28
	10	50	35	35	35	35
	12	60	42	42	42	42
	16	80	80	56	56	56

Tabla 13

$f_{yk}=500\text{MPa}$ Posición I, de buena adherencia $\leq 50\%$ de barras solapadas a tracción						
Longitud de solapo (cm)		Separación entre alambres (cm)				
		10	15	20	25	30
diámetro del alambre (mm)	6	20	20	20	20	20
	8	26	26	26	26	26
	10	45	33	33	33	33
	12	54	39	39	39	39
	16	72	72	52	52	52

Tabla 14

$f_{yk}=500\text{MPa}$ Posición I, de buena adherencia Barras solapadas trabajando normalmente a compresión						
Longitud de solapo (cm)		Separación entre alambres (cm)				
		10	15	20	25	30
diámetro del alambre (mm)	6	15	15	15	15	15
	8	20	20	20	20	20
	10	25	25	25	25	25
	12	30	30	30	30	30
	16	40	40	40	40	40

Tabla 15

SOLAPO DE MALLAS ESPECIALES ACOPLADAS

ACERO B500SD
SIN EFECTOS DINÁMICOS
POSICIÓN II

$f_{yk}=500\text{MPa}$ Posición II, de adherencia deficiente Más del 50 % de barras solapadas a tracción						
Longitud de solapo (cm)		Separación entre alambres (cm)				
		10	15	20	25	30
diámetro del alambre (mm)	6	30	30	30	30	30
	8	40	40	40	40	40
	10	72	50	50	50	50
	12	86	60	60	60	60
	16	115	115	80	80	80

Tabla 16

$f_{yk}=500\text{MPa}$ Posición II, de adherencia deficiente $\leq 50\%$ de barras solapadas a tracción						
Longitud de Solapo (cm)		Separación entre alambres (cm)				
		10	15	20	25	30
diámetro del alambre (mm)	6	28	28	28	28	28
	8	38	38	38	38	38
	10	65	47	47	47	47
	12	78	56	56	56	56
	16	103	103	75	75	75

Tabla 17

$f_{yk}=500\text{MPa}$ Posición II, de adherencia deficiente Barras solapadas trabajando normalmente a compresión						
longitud de solapo (cm)		Separación entre alambres (cm)				
		10	15	20	25	30
diámetro del alambre (mm)	6	22	22	22	22	22
	8	29	29	29	29	29
	10	36	36	36	36	36
	12	43	43	43	43	43
	16	58	58	58	58	58

Tabla 18

SOLAPO DE MALLAS ESPECIALES ACOPLADAS

ACERO B400SD CON EFECTOS DINÁMICOS POSICIÓN I

Posición I, de buena adherencia $f_{yk}=400\text{Mpa}$ más del 50 % de barras solapadas a tracción						
Longitud de solapo (cm)		Separación entre alambres (cm)				
		10	15	20	25	30
diámetro del alambre (mm)	6	26	26	26	26	26
	8	34	34	34	34	34
	10	60	42	42	42	42
	12	72	51	51	51	51
	16	96	96	68	68	68

Tabla 19

Posición I, de buena adherencia $f_{yk}=400\text{Mpa}$ $\leq 50\%$ de barras solapadas a tracción						
Longitud de solapo (cm)		Separación entre alambres (cm)				
		10	15	20	25	30
diámetro del alambre (mm)	6	24	24	24	24	24
	8	32	32	32	32	32
	10	54	39	39	39	39
	12	65	47	47	47	47
	16	87	87	63	63	63

Tabla 20

Posición I, de buena adherencia $f_{yk}=400\text{Mpa}$ barras solapadas trabajando normalmente a compresión						
Longitud de solapo (cm)		Separación entre alambres (cm)				
		10	15	20	25	30
diámetro del alambre (mm)	6	18	18	18	18	18
	8	24	24	24	24	24
	10	30	30	30	30	30
	12	36	36	36	36	36
	16	48	48	48	48	48

Tabla 21

SOLAPO DE MALLAS ESPECIALES ACOPLADAS

ACERO B400SD CON EFECTOS DINÁMICOS POSICIÓN II

Posición II, de adherencia deficiente $f_{yk}=400\text{Mpa}$ más del 50 % de barras solapadas a tracción						
Longitud de Solapo (cm)		Separación entre alambres (cm)				
		10	15	20	25	30
diámetro del alambre (mm)	6	33	33	33	33	33
	8	44	44	44	44	44
	10	78	54	54	54	54
	12	93	65	65	65	65
	16	124	124	87	87	87

Tabla 22

Posición II, de adherencia deficiente $f_{yk}=400\text{Mpa}$ $\leq 50\%$ de barras solapadas a tracción						
Longitud de Solapo (cm)		Separación entre alambres (cm)				
		10	15	20	25	30
diámetro del alambre (mm)	6	30	30	30	30	30
	8	41	41	41	41	41
	10	71	51	51	51	51
	12	84	61	61	61	61
	16	111	111	81	81	81

Tabla 23

Posición II, de adherencia deficiente $f_{yk}=400\text{Mpa}$ Barras solapadas trabajando normalmente a compresión						
Longitud de solapo (cm)		Separación entre alambres (cm)				
		10	15	20	25	30
diámetro del alambre (mm)	6	24	24	24	24	24
	8	31	31	31	31	31
	10	39	39	39	39	39
	12	47	47	47	47	47
	16	62	62	62	62	62

Tabla 24

SOLAPO DE MALLAS ESPECIALES ACOPLADAS

ACERO B500SD CON EFECTOS DINÁMICOS POSICIÓN I

Posición I, de buena adherencia $f_{yk}=500\text{MPa}$ más del 50 % de barras solapadas a tracción						
Longitud de solapo (cm)		Separación entre alambres (cm)				
		10	15	20	25	30
diámetro del alambre (mm)	6	30	30	30	30	30
	8	40	40	40	40	40
	10	70	49	49	49	49
	12	84	59	59	59	59
	16	112	112	79	79	79

Tabla 25

Posición I, de buena adherencia $f_{yk}=500\text{MPa}$ $\leq 50\%$ de barras solapadas a tracción						
Longitud de solapo (cm)		Separación entre alambres (cm)				
		10	15	20	25	30
diámetro del alambre (mm)	6	28	28	28	28	28
	8	37	37	37	37	37
	10	63	46	46	46	46
	12	76	55	55	55	55
	16	101	101	73	73	73

Tabla 26

Posición I, de buena adherencia $f_{yk}=500\text{MPa}$ barras solapadas trabajando normalmente a compresión						
Longitud de solapo (cm)		Separación entre alambres (cm)				
		10	15	20	25	30
diámetro del alambre (mm)	6	21	21	21	21	21
	8	28	28	28	28	28
	10	35	35	35	35	35
	12	42	42	42	42	42
	16	56	56	56	56	56

Tabla 27

SOLAPO DE MALLAS ESPECIALES ACOPLADAS

ACERO B500SD

CON EFECTOS DINÁMICOS

POSICIÓN II

Posición II, de adherencia deficiente $f_{yk}=500\text{MPa}$ más del 50 % de barras solapadas a tracción						
Longitud de solapo (cm)		Separación entre alambres (cm)				
		10	15	20	25	30
diámetro del alambre (mm)	6	39	39	39	39	39
	8	52	52	52	52	52
	10	92	64	64	64	64
	12	110	77	77	77	77
	16	147	147	103	103	103

Tabla 28

Posición II, de adherencia deficiente $f_{yk}=500\text{MPa}$ $\leq 50\%$ de barras solapadas a tracción						
Longitud de solapo (cm)		Separación entre alambres (cm)				
		10	15	20	25	30
diámetro del alambre (mm)	6	36	36	36	36	36
	8	48	48	48	48	48
	10	83	60	60	60	60
	12	99	72	72	72	72
	16	132	132	95	95	95

Tabla 29

Posición II, de adherencia deficiente $f_{yk}=500\text{MPa}$ barras solapadas trabajando normalmente a compresión						
Longitud de solapo (cm)		Separación entre alambres (cm)				
		10	15	20	25	30
diámetro del alambre (mm)	6	28	28	28	28	28
	8	37	37	37	37	37
	10	46	46	46	46	46
	12	55	55	55	55	55
	16	74	74	74	74	74

Tabla 30

8. EJEMPLOS DE UTILIZACIÓN DE LAS TABLAS

Ejemplo 1. Se tiene una malla que en sentido longitudinal está formada por barras de $\phi=12$ mm de acero B 500 SD. Se quiere determinar la longitud de anclaje longitudinal según la instrucción EHE. La malla está en una posición de adherencia deficiente (II) y no se consideran efectos dinámicos.

Resolución:

En la tabla 5 (página 16) se obtiene la longitud de anclaje que corresponde a un diámetro de 12 mm, en posición II con un acero de $f_{yk}=500$ MPa:

$$\ell_{b,neto} = 43 \text{ cm}$$

Ejemplo 2. Se quiere determinar la longitud de solapo longitudinal de la malla del ejemplo anterior, la separación entre barras longitudinales es de 20 cm y se solapan el 100 % de las barras, que están traccionadas. Los sobrelargos longitudinales son 20 cm en un extremo y la propia longitud de solapo longitudinal, en el otro (malla especial). Las mallas estarán acopladas.

Resolución:

Se busca en la tabla de solapo de mallas especiales acopladas en posición II, acero B 500 SD, más del 50 % de barras solapadas a tracción (tabla 16, página 20). Con una separación entre alambres de 20 cm y un diámetro de 12 mm se tiene una longitud de solapo de:

$$\ell_s = 60 \text{ cm}$$

Ejemplo 3. Se tiene una losa maciza cuya armadura superior está constituida por barras de diámetro 8 mm cada 20 cm en las dos direcciones (longitudinal y transversal). Se quieren determinar las longitudes de solapo del panel estándar adecuado y las longitudes de solapo de un panel especial adaptado a esta losa. Se utiliza acero B 500 SD, no se consideran efectos dinámicos y todas las barras pueden estar traccionadas.

Resolución:

Se divide la resolución en dos apartados. En primer lugar se determinan las longitudes de solapo del panel estándar y a continuación se determinan las longitudes de solapo del panel especial. En ambos casos las barras están en posición II, en zona de adherencia deficiente.

a) El panel estándar 20x20 ϕ 8-8 es el C-251. En la tabla 2 de la página 14 se obtienen las longitudes de solapo:

- Longitud de solapo de las barras longitudinales: 49 cm
- Longitud de solapo de las barras transversales: 75 cm

La longitud de solapo longitudinal corresponde a la longitud de solapo de mallas superpuestas según la Instrucción EHE. Sin embargo, la longitud de solapo transversal es mayor debido a la estructura de los paneles estándar basada en la ausencia de una barra longitudinal en cada lado del panel. Esta estructura está pensada para conseguir un ahorro en peso a la hora de realizar los solapos, pero en este caso no es adecuada ya que hace aumentar la longitud de solapo transversal.

En realidad, este problema tiene una sencilla solución: EMPLEAR PANELES ESPECIALES con lo que se evita la problemática de la barra omitida de ahorro, se consigue que los paneles estén acoplados en el solapo y, con ello, se reducen las longitudes necesarias para los mismos, como se verá en el siguiente apartado.

b) Las longitudes de solapo del panel especial 20x20 ϕ 8-8 se obtienen en la tabla 16 de la página 20:

- Longitud de solapo de las barras longitudinales: 40 cm
- Longitud de solapo de las barras transversales: 40 cm

La reducción de longitudes de solapo respecto a las longitudes de solapo del panel estándar es significativa: un 18 % en las barras longitudinales y un 47 % en las barras transversales.

9. PROGRAMA DE SOLAPO DE MALLAS ELECTROSOLDADAS ACOPLADAS SEGÚN LA INSTRUCCIÓN EHE

Se adjunta con este documento un pequeño programa realizado en *AutoLISP* fácilmente ejecutable desde el programa *AutoCAD*. Una vez instalado, el programa funciona dentro de *AutoCAD* como una orden más, pudiendo ejecutarse desde la línea de comando del programa de dibujo.

El programa realizado se denomina *EMMA* (EMpalme de MAllas). *EMMA* obtiene la longitud de solapo de mallas electrosoldadas acopladas (mallas especiales) y dibuja el detalle de solapo en la propia ventana de *AutoCAD*. Este detalle se podrá adjuntar directamente en los planos de armado de la estructura donde se quieran utilizar mallas especiales. El programa no da la geometría exacta del panel de malla especial, que depende de otros factores además del solapo, pero sí da la información suficiente sobre cómo deben ir colocados los distintos paneles. Difícilmente se podría definir el solapo de los distintos paneles de malla especial con una simple tabla de valores.

El programa realizado es muy fácil de instalar y de ejecutar. A continuación, describiremos brevemente el proceso de instalación y explicaremos la forma de ejecutarlo con un ejemplo.

Instalación

1. Grabar el archivo *emma.lsp* en un directorio de nuestro PC
2. Abrir el programa *AutoCAD*
3. Abrir el menú *Herramientas* y seleccionar *Cargar aplicación*
4. Buscar el archivo *emma.lsp* en el directorio donde lo hemos guardado y cargarlo

Esta operación solamente tiene que hacerse una vez en cada archivo de *AutoCAD* abierto.

Ejemplo de ejecución

1. En la línea de comando escribir EMMA
2. A continuación responder a las siguientes preguntas (se dan las respuestas que corresponden al ejemplo 1):

Pregunta en la línea de comando	Respuestas dadas en el ejemplo 1
<i>Escala definitiva del plano(25):*</i>	25
<i>Nombre de la malla:</i>	EJEMPLO-1
<i>fyk (400 MPa/500 MPa):</i>	500
<i>fck (MPa):</i>	35
<i>posición de hormigonado(1/2):</i>	1
<i>efectos dinámicos (S/N):</i>	N
<i>% de barras longitudinales trabajando a tracción (0/50/100):</i>	100
<i>% de barras transversales trabajando a tracción (0/50/100):</i>	100
<i>Separación longitudinal en cm:</i>	20
<i>Separación transversal en cm:</i>	15
<i>Diámetro longitudinal en mm:</i>	12
<i>Diámetro transversal en mm:</i>	8
<i>Punto central del detalle:</i>	(marcar un punto en la pantalla o bien dar las coordenadas en la línea de comando)

Tabla 31. Resumen de las preguntas que realiza el programa EMMA y las respuestas en un ejemplo

En la figura 10 se presenta el resultado obtenido para el ejemplo 1.

* Introducir el segundo factor de la escala, es decir, si queremos una escala 1:E, debemos introducir E.

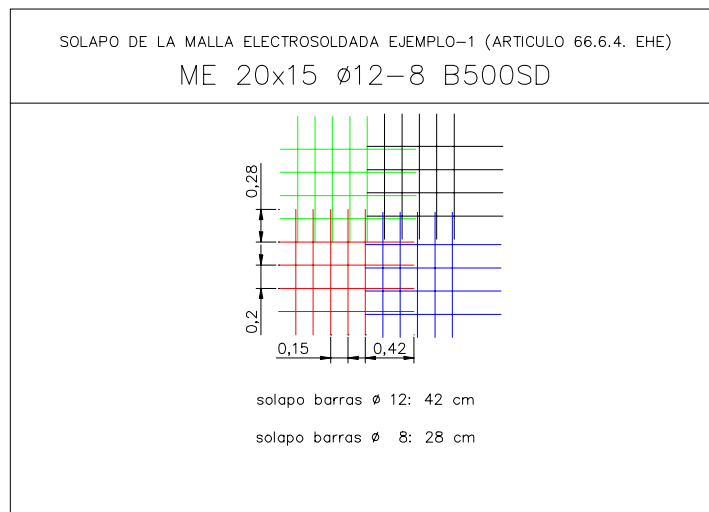


figura 10. Ejemplo de resultado del programa *EMMA*, según los datos de entrada de la tabla 31