



EN PORTADA
SEPARADORES PARA
HORMIGÓN ESTRUCTURAL

REPORTAJES

*Evolución del Acero
para Hormigón Armado*

*3^{er} Congreso Nacional
de Ingeniería Sísmica*

SEPARADORES PARA HORMIGÓN ESTRUCTURAL

Julio Vaquero – Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. IPAC

Los separadores, también conocidos como distanciadores, son elementos empleados en la técnica del hormigón estructural con una misión fundamental: garantizar la posición de la armadura con relación a los encofrados o moldes, proporcionando así un adecuado recubrimiento y protección a las mismas.

La utilización de separadores tiene una amplia tradición en países como Estados Unidos o el Reino Unido, pero de muy reciente aplicación en nuestro país. De hecho, hasta hace menos de 10 años su utilización se reducía prácticamente a la prefabricación, donde las tolerancias son muy ajustadas y es preciso evitar que se produzcan daños en los moldes para garantizar su reutilización y el adecuado acabado de las piezas.

Los primeros intentos para que el sector de la construcción comenzase a utilizar estos dispositivos, tratando de mejorar la durabilidad de las estructuras, comienzan en el Grupo Español del Hormigón (GEHO) que publica la traducción de un documento de la Comisión Permanente VII "Armaduras: Tecnología y Control de Calidad" del C.E.B. sobre recomendaciones para el empleo de separadores, calzos y atado de armaduras [3].

Este documento tuvo una enorme influencia entre los técnicos responsables de la elaboración de la reglamentación técnica en materia de hormigón estructural, incorporándose la obligación del uso de separadores en la Instrucción EHE [1] aprobada en el año 1998.

Desde entonces el empleo de separadores ha ido aumentando y popularizándose su utilización haciendo que proliferen todo tipo de productos, sistemas y dispositivos con una eficacia y operatividad muy diferentes, lo que pone de manifiesto la ne-

cesidad de regular su utilización y sus características, con el fin de obtener los mejores resultados.

El objeto de este artículo es reunir, de alguna forma, el estado del arte sobre separadores y distanciadores, con el fin de que los técnicos responsables tengan un conocimiento básico sobre los mismos y puedan adoptar la mejor decisión a la hora de elegir el tipo a utilizar o la forma en la que hay que disponerlos.

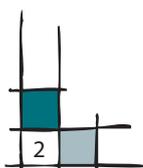
EL RECUBRIMIENTO

Para comprender mejor la importancia y significación que pueden llegar a tener los separadores en un elemento de hormigón estructural es conveniente repasar algunos conceptos básicos.

El primero de ellos sería el recubrimiento, que se define como *"la distancia entre la superficie exterior de la armadura (incluyendo cercos y estribos) y la superficie del hormigón más cercana"*.

El objeto del recubrimiento es tratar de proporcionar una protección adecuada a las armaduras de acero embebidas en el hormigón. Esta protección se logra mediante la suma de diversos factores:

"Los separadores son los dispositivos responsables de garantizar el recubrimiento de las armaduras"



- La calidad adecuada del hormigón, obtenida a través de su composición: tipo y cantidad de cemento, relación agua/cemento, etc.; y de su puesta en obra: vertido, compactación y curado.
- Un espesor suficiente que retrase en el tiempo la llegada de los agentes agresivos hasta el acero. El período durante el cual el hormigón del recubrimiento protege a las armaduras es función del cuadrado de su espesor; esto conlleva que una disminución del recubrimiento a la mitad de su valor se traduzca en un período de protección de la armadura reducido a la cuarta parte.
- Un espesor adecuado al tamaño máximo del árido utilizado en la confección del hormigón y al diámetro de la armadura principal, para evitar que se produzcan coqueas y nidos de grava que dejen a la armadura expuesta a la acción directa de los agentes agresivos. Por esta razón, el espesor del recubrimiento no puede ser nunca inferior al diámetro de la armadura principal (o diámetro equivalente si se disponen grupos de barras), ni a 0,80 veces el tamaño máximo del árido utilizado, valor que ha de aumentarse hasta 1,25 si la disposición de las armaduras dificulta el paso del hormigón en la zona de los paramentos.

“El objeto del recubrimiento es proporcionar una protección adecuada a las armaduras”

- La limitación de la fisuración en las piezas sometidas a flexión.

En el proyecto se especifica un valor nominal del recubrimiento, que es el resultado de la suma del recubrimiento mínimo que es preciso garantizar a la armadura, y de una tolerancia —denominada margen de recubrimiento— que tiene en cuenta el tipo de control de ejecución que se está llevando a cabo en el elemento, y que adopta el valor de 10 mm en los casos normales, 5 mm para el caso de nivel de control de ejecución intenso y 0 mm para elementos prefabricados.

$$r_{\text{nom}} = r_{\text{mín}} + \Delta r$$

El valor del recubrimiento mínimo que contempla la Instrucción EHE [1] es función del tipo de ambiente agresivo al que está expuesto el elemento, y adopta los valores indicados en la Tabla 1.

Por lo tanto, el valor del recubrimiento está íntimamente relacionado con la durabilidad de los elementos de hormigón, y también con los preceptivos conceptos de sostenibilidad que se están imponiendo en todas las reglamentaciones españolas, y que recogerá también la nueva Instrucción de Hormigón Estructural que se está elaborando en estos momentos.

⇒ **Tabla 1.- Recubrimientos mínimos prescritos por la Instrucción EHE (Art. 37.2.4). [1]**

Resistencia característica del hormigón (N/mm ²)	Tipo de elemento	Recubrimiento mínimo (mm) según la clase de exposición*							
		I	IIa	IIb	IIIa	IIIb	IIIc	IV	Q _a **
25 ≤ f _{ck} < 40	General	20	25	30	35	35	40	35	40
	Elementos prefabricados y láminas	15	20	25	30	30	35	30	35
f _{ck} ≥ 40	General	15	20	25	30	30	35	30	35
	Elementos prefabricados y láminas	15	20	25	25	25	30	25	30

(*) El espesor del recubrimiento no se verá afectado en el caso de que a la clase de exposición general se le añada una clase de exposición específica tipo H, F ó E.

(**) Para tipos generales de exposición Q_b y Q_c el proyectista es el responsable de fijar el valor mínimo de recubrimiento capaz de garantizar la adecuada protección de las armaduras.



EN PORTADA

En efecto, la versión 0 de la revisión de la nueva Instrucción [2], a la que de forma resumida nos vamos a referir como EHE-0, establece como pilar fundamental de la sostenibilidad de las estructuras de hormigón el poder garantizar para las mismas una dilatada vida de servicio, entendida como el periodo de tiempo durante el cual las exigencias básicas de la estructura se mantienen en unos niveles aceptables, realizándose actuaciones de conservación ordinaria que no impliquen operaciones de rehabilitación.

Aunque la duración de esta vida útil la ha de definir la propiedad, la EHE-0 adelanta unos ejemplos concretos en los que este periodo de tiempo pueda estar comprendido entre 3 años, para las estructuras de carácter temporal, hasta los 100 años para puentes de más de 10 metros de longitud —en la práctica, todos— u otras estructuras de ingeniería civil de repercusión económica alta. En el caso de edificios residenciales y oficinas el periodo de vida útil establecido es de 50 años, que se eleva hasta 75 años si se trata de edificios públicos.

Para alcanzar esta vida útil existen distintas estrategias, pero la EHE-0 apuesta de forma decisiva por la composición del hormigón y los espesores de recubrimiento, introduciendo como novedad la distinción entre tipos de cemento con mayor o menor nivel de protección en función de su naturaleza.

Los espesores de recubrimiento para vidas útiles superiores a 50 años y ambientes que puedan producir la corrosión de las armaduras por presencia de cloruros —es decir, todas aquellas estructuras situadas a una distancia inferior a 5 km de la costa— son bastante elevados, lo que hará indispensable el empleo de separadores que garanticen la posición de las armaduras.

LOS SEPARADORES

Los separadores son los dispositivos responsables de garantizar el recubrimiento de las armaduras, y normalmente se encuentran dispuestos entre ésta y el encofrado.

➔ **Tabla 2.- Recubrimientos mínimos propuestos por la EHE-0 [2] para hormigón armado.**

Clase de exposición	Tipo de cemento	Resistencia característica del hormigón (N/mm ²)	Vida útil de proyecto (años)					
			10	15	25	50	75	100
I	Cualquiera	$f_{ck} \geq 25$	10	10	10	15	20	25
IIa	CEM I	$25 \leq f_{ck} < 40$	10	10	10	15	20	25
		$f_{ck} \geq 40$	10	10	15	20	25	30
	Otros tipos o empleo de adiciones	$25 \leq f_{ck} < 40$	10	10	10	15	20	25
		$f_{ck} \geq 40$	10	10	15	20	25	30
IIb	CEM I	$25 \leq f_{ck} < 40$	10	10	10	15	20	25
		$f_{ck} \geq 40$	10	15	20	25	30	35
	Otros tipos o empleo de adiciones	$25 \leq f_{ck} < 40$	10	10	15	20	25	30
		$f_{ck} \geq 40$	10	10	10	15	20	25
IIIa	CEM III, CEM IV, CEM II/B, CEM II/A-D o empleo de adiciones	—	15	15	20	30	35	40
	Resto de cementos	—	30	35	45	60	*	*
IIIb y IV	CEM III, CEM IV, CEM II/B, CEM II/A-D o empleo de adiciones	—	20	20	25	35	40	45
	Resto de cementos	—	35	40	50	70	*	*
IIIc	CEM III, CEM IV, CEM II/B, CEM II/A-D o empleo de adiciones	—	20	20	30	40	45	55
	Resto de cementos	—	40	45	55	*	*	*

(*) Estas situaciones obligarían a unos recubrimientos excesivos, desaconsejables desde el punto de vista de la ejecución del elemento.

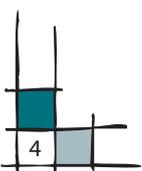




Figura 1.- Tipos de separadores

Tipos de separadores

Existe una amplia gama de separadores en el mercado. No obstante, puede hacerse una primera clasificación de los mismos que se recoge a continuación.

- *Separadores tipo lineal*, generalmente de sección constante, ideados para sostener la armadura inferior en losas, y con una geometría tal que impide su vuelco.
- *Separadores individuales*, que se fijan a las barras mediante grapado (clip) o mediante atado de alambre. Entre ellos hay que distinguir los de tipo rueda, que proporcionan el mismo recubrimiento en todas direcciones.

- *Separadores extremos*, que se ajustan a los extremos de las barras rectas.

Además, hay que considerar los calzos, que son otro tipo de separadores de mayor altura destinados fundamentalmente a sostener la armadura superior en losas o para separar las capas de armadura en los muros. Suelen ser de acero, dado que han de soportar grandes cargas, y pueden ser individuales o continuos.

Propiedades de los separadores

Los separadores han de reunir una serie de propiedades para poder ser considerados como tales:

- Han de haber sido específicamente diseñados para su fin, presentando la resistencia y rigidez necesarias para ello.
- Deben estar constituidos por materiales resistentes a la alcalinidad del hormigón y no inducir corrosión de las armaduras.
- Deben ser, al menos, tan impermeables al agua como el hormigón.
- Deben ser resistentes a los ataques químicos a los que se pueda ver sometido al estar embebido en el hormigón.

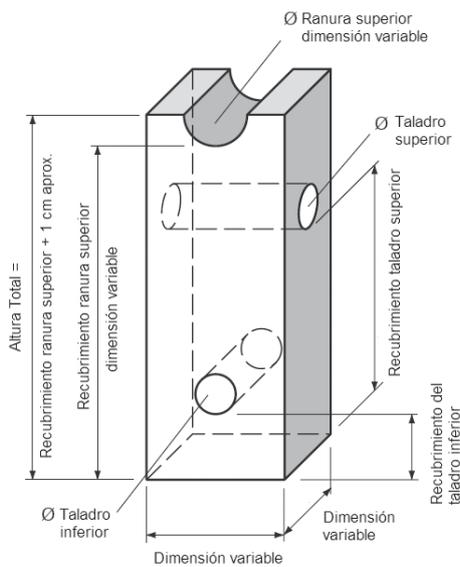


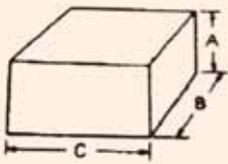
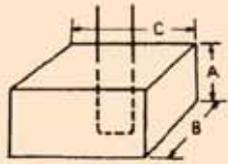
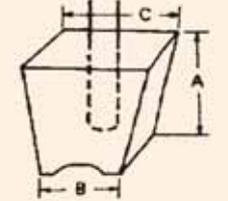
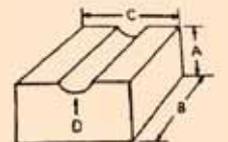
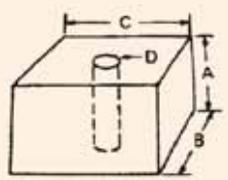
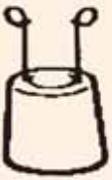
Figura 2.- Esquema tipo de separador perforado.

“Un separador debe proporcionar un único valor de recubrimiento, evitando así confusiones en su colocación”



EN PORTADA

⇒ **Tabla 3.-** Tipos y dimensiones habituales de los separadores de hormigón [6].

Designación	Esquema del separador	Tipo	Tamaños	Descripción
PB		En masa	A – 20 a 150 mm B – 50 a 150 mm C – 50 a 1200 mm	Se emplean para separar las armaduras del fondo del encofrado en losas y forjados. Cuando su longitud (dimensión C) supera los 40 cm es recomendable disponer un alambre en su interior para evitar su rotura.
WB		Con alambre	A – 20 a 100 mm B – 50 a 75 mm C – 50 a 75 mm	Vienen equipados, por lo general, con dos alambres de 1,3 mm de diámetro. Se emplean como separadores en paramentos verticales o en posiciones donde es preciso que queden sujetos a la armadura.
TWB		Cónicos con alambre	A – 20 a 75 mm B – 20 a 60 mm C – 35 a 75 mm	Similares a los WB. Se emplean cuando quiere minimizarse el contacto con el encofrado.
CB		Mixto	A – 50 a 100 mm B – 50 a 100 mm C – 50 a 100 mm D - Ø 10 a 16 mm	Normalmente utilizado en posición horizontal.
DB		Perforado	A – 75 mm B – 75 a 130 mm C – 75 a 130 mm D - Ø 12 mm	Soporta armaduras superiores, o bien las del fondo de capa. Generalmente se introduce una barra por el taladro dispuesto en el separador.
DSSS		Separador lateral con alambre	Proporciona recubrimientos de 50 a 150 mm	Se emplea para proporcionar el alineamiento en las armaduras que se introducen en pilotes y pantallas. El alambre es de 1,3 mm de diámetro, aumentando a 2,9 mm para recubrimientos de 120 a 150 mm, disponiéndose dos parejas de alambres en los extremos del separador.
DSBB		Separador extremo con alambre	Proporciona recubrimientos de 50 a 150 mm	Al igual que en los anteriores, se emplea en pilotes y pantallas para separar la armadura del fondo. Su altura es 50 mm superior al recubrimiento que proporciona para permitir el alojamiento de la barra.

“Los separadores han de haber sido específicamente diseñados para su fin”

Los separadores pueden ser de hormigón, mortero, plástico rígido o metálicos, debiendo reunir una serie de características específicas según el caso.

Separadores de hormigón

Si los separadores son de hormigón o mortero, éste debe presentar unas características de resistencia, permeabilidad, higroscopicidad, dilatación térmica, etc., comparables a las del hormigón (o mortero contenido en el hormigón) utilizado en la construcción de la pieza.

En el caso de utilizar fibras en su composición, para reducir posibles roturas y deterioros durante su empleo, ha de evitarse que éstas puedan ser de amianto. Este tipo de separadores presenta la ventaja de poder ofrecer una gran tenacidad y un peso reducido, además de una gran resistencia a compresión sin experimentar deformaciones por efecto de las cargas o de las variaciones térmicas, asegurando el valor del recubrimiento así como una adecuada resistencia a la posible acción del fuego.

Por lo general, existen tres tipos de separadores de hormigón: (1) en masa, (2) con alambre y (3) perforados.

Los separadores en masa se emplean básicamente en losas y soleras para soportar la armadura inferior. Pueden ser individuales o de tipo lineal. Éstos últimos suelen presentar una sección uniforme (cuadrada o triangular) que proporciona el mismo recubrimiento en cualquier posición facilitando así su empleo. Los que van equipados con alambre suelen disponerse

para garantizar el recubrimiento en paramentos verticales y en todas aquellas aplicaciones en las que sea preciso garantizar su posición. Normalmente presentan dos alambres de 1,3 mm de diámetro dispuestos en su centro. Por último, los separadores perforados suelen presentar un orificio en su centro, por el que puede introducirse una barra de hasta 12 mm de diámetro, así como una ranura en su parte superior que facilita el apoyo de las barras. Suelen emplearse para apoyar capas de armadura superiores sobre el fondo del encofrado o sobre barras intermedias.

Los tipos y tamaños más usuales de los separadores de hormigón se recogen en la Tabla 3.

Separadores de plástico

Si los separadores son de plástico es preciso asegurar un adecuado enlace con el hormigón de la pieza. Para ello, se recomienda que presente orificios por los que pueda penetrar la pasta de cemento. Asimismo, la presencia de estos orificios compensa la diferencia existente entre los coeficientes de dilatación térmica del plástico y del hormigón, razón por la que se fija que la sección total de éstos sea al menos equivalente al 25% de la superficie total del separador [7].

Este tipo de separador es particularmente aconsejable en situaciones de exposición a ambientes agresivos moderados a severos proporcionando una excelente protección frente a la corrosión, pudiéndose utilizar con todo tipo de barras: de acero desnudo, galvanizadas o recubiertas con epoxi.

Sin embargo, este tipo de separadores no es recomendado por algunos organismos, como el DVGW (Deutsche Vereinigung des Gas – und Wasserfaches^(*)) que en su especificación técnica W311 —Suministro de agua. Requisitos para armaduras y separadores— prohíbe el empleo de separadores de PVC debido a que no garantizan en todos los casos una adecuada adherencia con el hormigón endurecido pudiendo provocar una infiltración de agua a lo largo de la superficie de contacto entre el separador y el hormigón.

^(*) Asociación científico-técnica Alemana del Gas y el Agua.



EN PORTADA

⇒ **Tabla 4.-** Tipos y dimensiones habituales de los separadores de plástico [6].

Designación	Esquema del separador	Tipo	Tamaños	Descripción
BS		Separador de pie	Altura, de 20 a 150 mm	Normalmente utilizado para armaduras horizontales. No recomendado en acabados de árido expuesto.
BS-CL		Separador de pie	Altura, de 20 a 50 mm	Normalmente utilizado para armaduras horizontales a las que se fija mediante un efecto grapa. No recomendado en acabados de árido expuesto.
HC		Calzo	Altura, de 20 a 130 mm	Para losas o paneles.
HC-V		Calzo variable	Altura, de 60 a 160 mm	Para armaduras horizontales y verticales.
WS		Rueda	Recubrimiento de 10 a 75 mm	Para armaduras verticales. Especialmente indicado para pilares. Tiene acción grapa y proporciona un mínimo contacto con el encofrado.
DSWS		Separador lateral para cimentaciones	Recubrimiento de 60 a 150 mm	Empleado para la alineación de las armaduras de pilotes y pantallas. Formado por dos piezas independientes que se cierran y se fijan a los estribos o al zuncho perimetral.
VLWS		Rueda con cierre	Recubrimiento de 20 a 150 mm	Válido para armaduras verticales, pantallas y pilotes, y en general en todas aquellas aplicaciones en las que haya grandes cargas. Sus entallas superficiales proporcionan un contacto mínimo mientras mantiene la tolerancia requerida.

Separadores metálicos

Si los separadores son metálicos hay que evitar que puedan dañar los encofrados, para lo cual hay que procurar que sus puntos de apoyo estén curvados o redondeados, para evitar que se claven, o bien protegidos mediante caperuzas de plástico.

En el caso de curvarse los extremos del separador el sistema consiste en realizar un gancho cuyo extremo quede, al menos, unos 3 mm por encima del punto de apoyo. Cuando se dispone un "botón" en los extremos, su diámetro debe ser como mínimo 1,5 veces el

“El empleo de separadores metálicos está prohibido cuando los paramentos queden vistos”

diámetro del alambre de la pata y quedar, como en el caso anterior, al menos 3 mm por encima del punto de apoyo. Por último, en el caso de emplear caperuzas de plástico hay que comprobar que no se desprenden, que no se fisuran y que no se rompen o pelan en las condiciones de trabajo usuales.

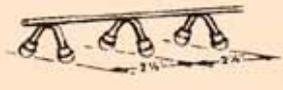
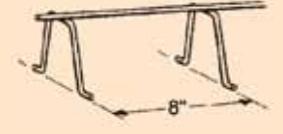
En el caso de la práctica española, el empleo de separadores metálicos está prohibido en aquellos casos en los que los paramentos vayan a quedar vistos.

Los separadores metálicos se confeccionan a partir de alambre liso de distintos diámetros, que puede o no estar recubierto para prevenir su corrosión, bien mediante plástico, galvanización o recubrimientos epoxi, o bien pueden confeccionarse a partir de alambre inoxidable.

Dimensiones y geometría

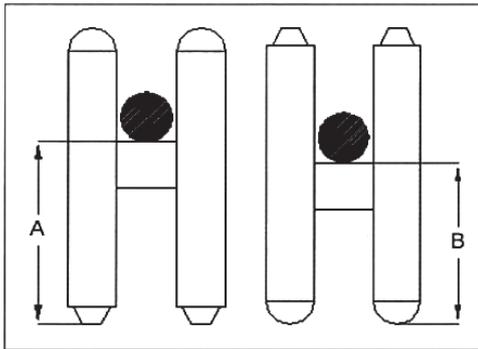
Como regla de buena práctica, un separador debe proporcionar un único valor de recubrimiento, evitando así confusiones en su colocación.

Tabla 5.- Tipos y dimensiones habituales de los separadores metálicos [6].

Designación	Esquema del separador	Tipo	Tamaños	Descripción
SB		Soporte para losa	20 a 50 mm de altura, por 125 a 250 cm de longitud	El alambre superior puede ser corrugado, de 5 mm de diámetro. Las patas, de alambre liso, han de tener un diámetro de al menos 4 mm. La separación entre patas no debe ser superior a los 130 mm.
BB		Soporte para viga	25 a 130 mm de altura, con longitudes de hasta 125 cm	En la imagen se ha dispuesto con caperuzas en las patas. La separación entre éstas no debe superar los 75 mm. El diámetro del alambre varía, según su tamaño, entre 3,5 y 5 mm.
BC		Soporte individual	Altura, de 20 a 50 mm	Alambre de 3,5 mm.
JC		Soporte vigueta	Altura, de 20 a 50 mm y longitud de 100 a 150 mm	Alambre de 5 mm.
HC		Calzo	Altura, de 50 a 400 mm	Cuando la altura del calzo supere los 300 mm han de reforzarse sus patas mediante la disposición de un cerco de alambre que encierre a todas ellas. El diámetro del alambre en estos casos ha de ser de 8 mm.
CHC		Calzo continuo	Altura, de 50 a 400 mm, y longitud de 125 a 250 cm.	El alambre superior puede ser corrugado, de 6,5 mm de diámetro. Las patas deben presentar una inclinación con la vertical no superior a 20 ° y su separación no debe exceder los 200 mm, ni quedar a menos de 100 mm del extremo del calzo. El tamaño del alambre depende del tamaño del calzo y varía entre 5 y 8 mm.



EN PORTADA

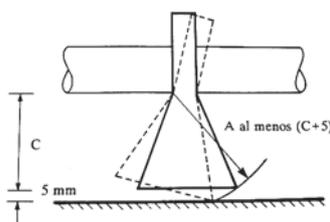


⇒ **Figura 3.-** Ejemplo de un separador con dos posibles posiciones de trabajo. Obsérvese como la diferencia puede ser pequeña aumentando el riesgo de confusión en su colocación.

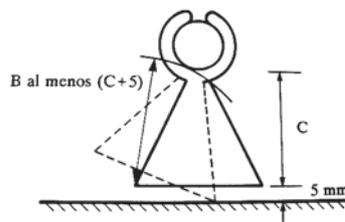
La tolerancia de fabricación en la altura del separador debe ser de ± 1 mm, para recubrimientos de hasta 75 mm de espesor, y de ± 2 mm para recubrimientos mayores.

Los separadores sujetos con alambre deben tener una dimensión mínima de al menos 20 mm en la dirección de la barra que van a sujetar, y en la dirección perpendicular deben tener al menos una dimensión de 0,75 veces la dimensión del recubrimiento que proporcionan.

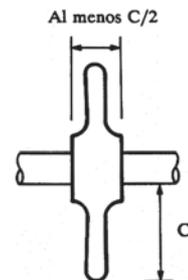
Para los separadores tipo rueda, que se sujetan mediante grapado, su espesor debe ser igual o mayor a la mitad del recubrimiento que proporcionan. Para otros separadores, también del tipo clip, es preciso comprobar su estabilidad. Para ello, será suficiente con verificar que si se produce su rotación, tanto en dirección perpendicular como paralela a la barra, proporcionan un recubrimiento al menos 5 mm mayor al requerido.



a) Radio A necesario para evitar deslizamientos.



b) Radio B necesario para evitar el giro.



c) Dimensiones mínimas del espesor de un separador tipo rueda.

⇒ **Figura 4.**

“Una distancia excesiva entre separadores aumenta el riesgo de deformación de la armadura”

En el caso de calzos individuales de acero, las patas adyacentes deben estar separadas entre sí al menos la mitad de la altura especificada.

Por último, para separadores de tipo lineal es recomendable que su longitud no supere el mayor de los siguientes valores:

- 350 mm;
- 2 veces el canto del elemento estructural,
- 0,25 veces la anchura del elemento estructural.

RECOMENDACIONES PARA LA ELECCIÓN DE LOS SEPARADORES

A la hora de seleccionar un tipo de separador es aconsejable tener en cuenta los siguientes aspectos:

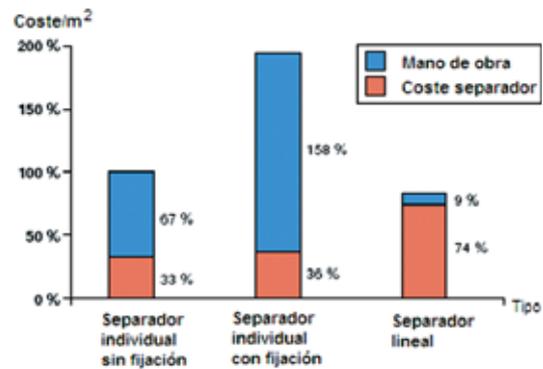
1. El valor del recubrimiento nominal establecido en el proyecto.
2. Las cargas que el separador va a tener que soportar debido al peso de la armadura, a las operaciones de colocación, al paso de operarios sobre las

mismas, así como las cargas producidas durante el hormigonado de la pieza.

3. Diámetro y situación de la armadura (muro, losa, viga o pilar).
4. Tipo de armadura: barras corrugadas o mallas electrosoldadas.
5. Tipo de fijación más adecuado: sin fijación, con alambre o mediante grapa.
6. Circunstancias externas que pueden afectar al hormigón tales como la presión, la temperatura, posibles ataques químicos, alternancia de ciclos de humedad-sequedad, fuego o corrosión.
7. Las posibles marcas o huellas que el separador pueda dejar sobre la superficie del hormigón, sobre todo si ésta ha de quedar vista.
8. Tipo de acabado de la superficie de hormigón.
9. Facilidad de colocación de los separadores, rendimiento y coste.

Los separadores de tipo lineal pueden ser una excelente elección en determinadas aplicaciones —sobre todo para soportar la armadura inferior en elementos con gran superficie, como losas o soleras—, puesto que presentan una serie de ventajas frente a los separadores individuales.

La primera de estas ventajas es el coste. En efecto, el coste asociado a la tarea de “asegurar el recubrimiento de la armadura” está compuesto de varios factores entre los que se encuentran el coste del elemento empleado como separador y el coste de la mano de obra necesaria para colocarlo adecuadamente. Es el segundo de estos costes el que normalmente puede tener una mayor incidencia que el propio coste del separador. En definitiva, el coste de colocar un separador barato y de dudosa eficacia es el mismo que el de colocar un separador caro y de prestaciones garantizadas. La diferencia es el resultado que finalmente obtendremos, que es el posible coste de una “no calidad” que producirá una pérdida de recubrimiento y una reducción sensible de la vida de servicio de la estructura.

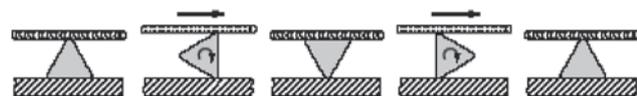


⇒ **Figura 5.** Coste relativo de la disposición de distintos tipos de separadores (Institute of Ergonomics and Construction Economics, Leonberg).

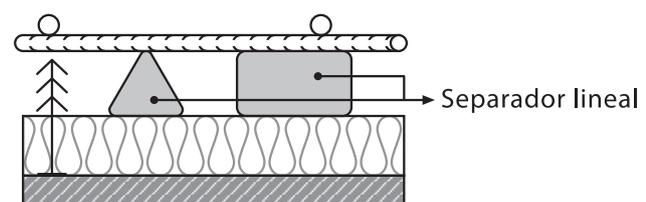
En la Figura 5 se representa el coste relativo de distintos tipos de separadores, donde se aprecia las ventajas que puede reportar el empleo de un separador del tipo lineal. Además, existen separadores lineales cuya sección proporciona el mismo recubrimiento en cualquier posición evitando que éste varíe si durante los trabajos de colocación de la armadura los separadores se tumban o se mueven (ver Figura 6).

Además, otra ventaja que presentan los separadores de tipo lineal es que reducen la presión que producen sobre el encofrado, lo cual puede ser muy importante en aquellos casos en los que existe una capa de aislamiento, al reducir el riesgo de punzonamiento sobre la misma (ver Figura 7).

En cuanto a los calzos continuos, como ya se ha indicado, tiene como misión la de separar las capas de armado en soleras, losas y muros, manteniendo su posición y garantizando los recubrimientos adecuados.



⇒ **Figura 6.**



⇒ **Figura 7.**

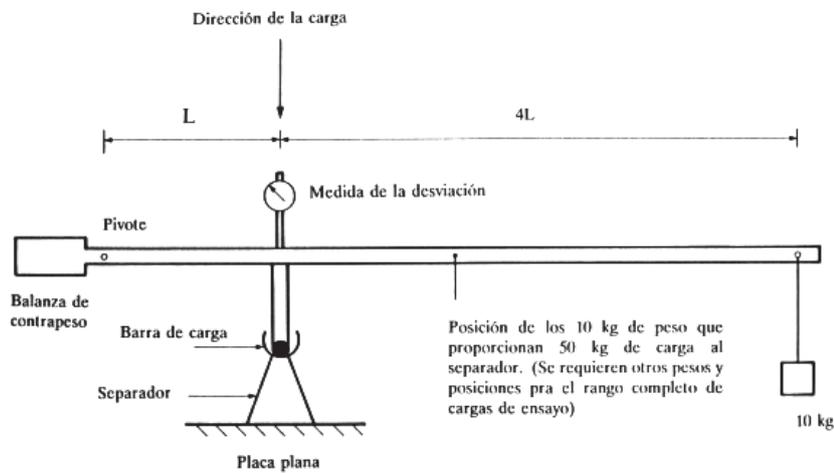


Figura 10.- Dispositivo para ensayo de carga puntual de separadores [3].

En la referencia [3] se incluyen una serie de procedimientos de ensayo que pueden ser útiles para la evaluación entre diferentes tipos de separadores que, como hemos podido ver, son muy variados. Estos procedimientos de ensayo se refieren a dos propiedades básicas de los separadores: su resistencia y su capacidad de fijación, que se describen a continuación de forma resumida.

Ensayo de carga

El ensayo de carga tiene por objeto determinar la deformación máxima que se produce en el separador, así como el mantenimiento de la integridad del mismo después del ensayo.

El dispositivo (Ver Figura 10) consiste, básicamente, en una brazo de palanca que apoya sobre el separador, midiendo

las deformaciones que se producen en éste. La carga se debe aplicar en menos de 10 segundos y mantenerse durante 10 minutos.

El separador se coloca sobre una superficie plana, pulida y seca en su posición de trabajo. En el caso de ser un separador individual tipo rueda, la abertura durante el ensayo debe estar en la mitad superior del separador.

Los separadores de plástico y metálicos se ensayan utilizando el redondo de armar más pequeño y más grande para el que están diseñados, mientras que los separadores de hormigón o mortero lo hacen empleando un redondo liso de 8 mm de diámetro.

La carga a aplicar depende de la categoría del separador, según se indica en la Tabla 6.

Tabla 6.

Categoría	Aplicación	Clase típica	Altura	Carga mínima (N)
Ligera	Recubrimiento de la armadura vertical o de la armadura horizontal en secciones pequeñas que no estén sometidas a la acción del peso de personas de pie. No válida para armadura mayor que 16 mm.	grapado rueda extremo	15 a 50 mm	250
Normal	Recubrimiento para armadura de diámetro igual o superior a 20 mm.	grapado atado lineal	15 a 50 mm	500
Grande	Recubrimiento para armadura mayor que 20 mm.	atado lineal	20 a 75 mm	3.000
Calzos	Para soportar armadura superior o separar capas verticales de armado.	puntual continuo	75 a 300 mm	1.000



EN PORTADA

Una vez aplicada la carga hay que comprobar los siguientes aspectos:

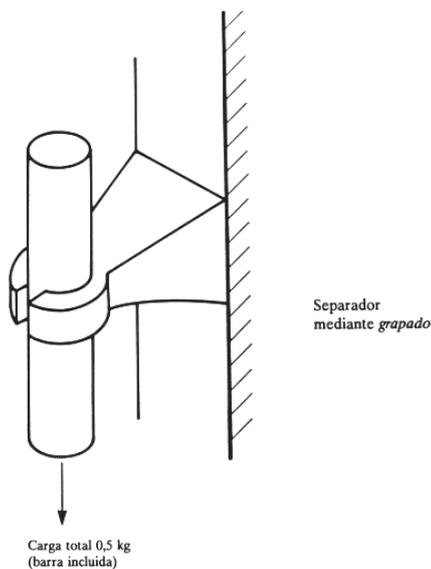
- La deformación máxima que debe experimentar el separador debe ser inferior a 2 mm, reduciéndose a menos de 1 mm una vez transcurrido un minuto después de retirar la carga.
- Los separadores de hormigón o mortero no deben presentar ninguna fisura, admitiéndose que se produzca un descantillado superficial bajo la barra.
- En los calzos metálicos hay que comprobar que los protectores de las patas no se han fracturado o punzonado.
- En los calzos continuos de acero el ensayo debe realizarse sobre uno de sus nudos. En este caso, la carga a disponer en la punta de la palanca será de 50 kg (en lugar de 10 kg) a una distancia tal que proporcione una carga de 100 kg sobre el puntal.

Ensayo de fijación

El ensayo de fijación evalúa la eficacia de los procedimientos tipo grapa empleados en separadores de plástico y en algunos separa-



⇒ Figura 11.



⇒ Figura 12.- Ensayo de fijación para separadores mediante grapado [3].

“En la actualidad no existe un cuerpo normativo que permita evaluar los separadores existentes en el mercado”

dores de hormigón y mortero, como el que se muestra en la Figura 11.

El procedimiento de ensayo es muy sencillo (ver Figura 12). Consiste en fijar el separador a una barra lisa mecanizada, no oxidada y desengrasada, del menor diámetro admisible para el separador, comprobando que la fuerza ejercida para ello no excede de 150 N. A continuación, se fija el separador de forma que la barra quede en posición vertical, aplicando sobre ella una carga de 5 N y observando si desliza o no verticalmente.

RECOMENDACIONES PARA LA DISPOSICIÓN DE LOS SEPARADORES

El artículo 66.2 de la Instrucción EHE [1] establece las prescripciones que hay que seguir en la disposición de los separadores, que se recogen en la Tabla 7.

Como puede comprobarse, tanto en vigas como en pilares el separador debe ir colocado en el cerco o estribo y no en la armadura principal, debiéndose disponer al menos tres planos de separadores en cada vano para evitar deformaciones indeseadas.

Estas prescripciones se basan en las recomendaciones contenidas en [3], que se describen a continuación con un mayor detalle, así como las de otros organismos como la Asociación Alemana del Hormigón (Deutscher Betonverein), en lo sucesivo DB.

Losas

Es importante que todas las intersecciones que se produzcan en las inmediaciones del perímetro de una losa estén adecuadamente atadas. En el resto de la armadu-

Tabla 7.- Disposición de los separadores según el artículo 66.2 de la Instrucción EHE [1].

Elemento		Distancia máxima
Elementos horizontales (losas, forjados, zapatas y losas de cimentación, etc.)	Emparrillado inferior	50 Ø ó 100 cm
	Emparrillado superior	50 Ø ó 50 cm
Muros	Cada emparrillado	50 Ø ó 50 cm
	Separación entre emparrillados	100 cm
Vigas ⁽¹⁾		100 cm
Soportes ⁽¹⁾		100 Ø ó 200 cm

⁽¹⁾ Se dispondrán, al menos, tres planos de separadores por vano, en el caso de las vigas, y por tramo, en el caso de los soportes, acoplados a los cercos o estribos.

Ø Diámetro de la armadura a la que se acople el separador.

ra de la losa las intersecciones se pueden atar de forma alternativa, sin que se supere la distancia de 50 Ø.

A la hora de disponer los separadores hay que tener en cuenta que si su distancia es excesiva se puede producir una deformación de las armaduras por flexión, sobre todo durante las operaciones de hormigonado, reduciéndose el recubrimiento efectivo en esos puntos.

Como regla general, los separadores de la armadura inferior no deben distanciarse entre sí a una distancia superior a 50 Ø, sin rebasar en ningún caso los 100 cm, y deben ir convenientemente alternados. En el caso de que esta armadura esté constituida por mallas electrosoldadas, la distancia máxima entre separadores debe reducirse a la mitad (50 cm) en ambas direcciones.

La separación máxima que recomienda la DB, así como el número de separadores por metro cuadrado se recogen en la Tabla 8.

La armadura superior debe situarse en su posición definitiva mediante la ayuda de separadores, que pueden

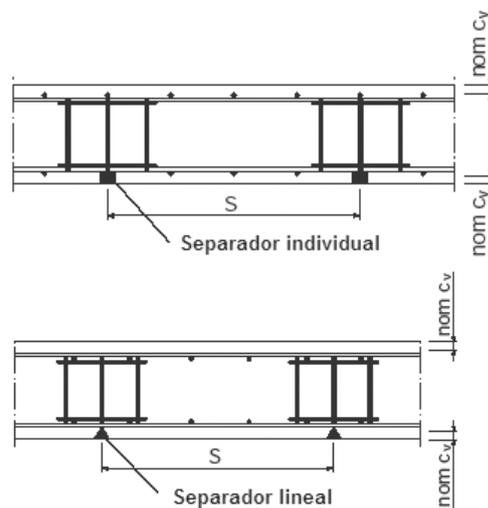


Figura 13.- Disposición de separadores en losas.

ser individuales o continuos. En ambos casos la distancia máxima entre separadores será de 50 Ø, sin exceder en ningún caso los 50 cm, debiéndose procurar que esta limitación se produzca en la dos direcciones en el caso de separadores individuales.

Además, es recomendable la disposición se separadores cada 50 Ø para aquellas armaduras de la losa que vayan a quedar en bordes expuestos a la acción de los agentes agresivos (intemperie, presencia de agua, etc.), con un máximo de 100 cm de distancia entre ellos.

Tabla 8.- Distancia y número de separadores en losas.

Diámetro de la armadura principal	Distancia máxima	Número mínimo por m ²			
		Separadores individuales	Separadores lineales		
			L = 20 cm	L = 35 cm	L = 100 cm
Hasta 14 mm	50 cm	4	3	2,5	1,33
Mayor de 14 mm	70 cm	2	1,6	1,4	0,84



EN PORTADA

Vigas y pilares

Tanto en vigas como en pilares se debe atar cada una de las intersecciones extremas entre las barras principales y los estribos. El resto de las intersecciones se pueden atar a una distancia máxima de $50 \varnothing$ de forma alternada, garantizando que los cercos quedan adecuadamente sujetos. En el caso de cercos múltiples, éstos deben atarse juntos.

Los separadores han de disponerse en grupo, de manera que en cada elemento haya, al menos, tres planos de separadores. La distancia entre éstos no ha de superar los 100 cm en vigas, ni los $50 \varnothing$ en pilares, sin exceder en ningún caso la distancia de 200 cm.

En los paramentos expuestos debe disponerse, al menos, un separador en el centro de los estribos. Si la dimensión de la sección es superior a 50 veces el diámetro de la armadura

transversal deben disponerse dos separadores por cara. Por último, en el caso de estribos dobles es recomendable disponer tres separadores en la zona en que se solapan.

En las caras expuestas de los extremos de las vigas es recomendable disponer un separador adecuado en cada barra.

Para el caso de separadores individuales y lineales, la DB recomienda las distancias y número que se recogen en la Tabla 9.

Muros

Es suficiente con atar las intersecciones de las barras en intersecciones alternadas.

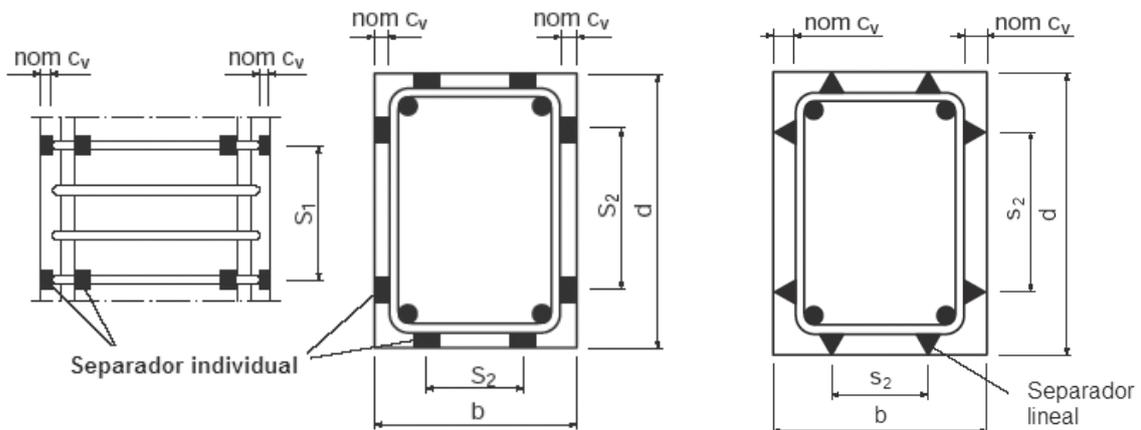


Figura 14.- Disposición de separadores en vigas y pilares.

Tabla 9.- Distancia y número de separadores en vigas y pilares.

Distancia máxima en dirección longitudinal (S_1)

Diámetro armadura longitudinal	Vigas	Pilares
Hasta 10 mm	25 cm	50 cm
De 12 a 20 mm	50 cm	100 cm
Mayor de 20 mm	75 cm	125 cm

Distancia máxima en dirección transversal (S_2)

Dimensión de la pieza (b y/o d)	Vigas	Pilares
Hasta 100 cm	≥ 2 separadores/m	≥ 2 separadores/m
Mayor de 100 cm	≥ 3 separadores/m	≥ 3 separadores/m
Distancia máxima entre separadores	50 cm	75 cm

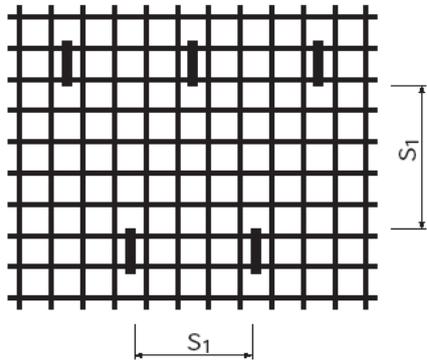


Figura 15.- Disposición de separadores lineales en muros.

Como en los casos anteriores, el recubrimiento debe garantizarse mediante separadores dispuestos alternadamente a una distancia de $50 \varnothing$, sin rebasar los 50 cm. Los separadores colocados en caras opuestas deben quedar a la misma cota.

Las capas de armado deben separarse mediante calzos a una distancia no superior a los 100 cm.

En la Tabla 10 se recogen las recomendaciones de la Asociación Alemana del Hormigón (Deutscher Betonverein).

Tabla 10.- Distancia y número de separadores lineales en muros.

Diámetro de la armadura	Distancia máxima S_1	Número mínimo por m^2	
		L = 20 cm	L = 35 cm
Hasta 8 mm	70 cm	1,6	1,4
Mayor o igual a 10 mm	100 cm	1,0	0,8

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Mº FOMENTO. Instrucción de hormigón estructural EHE. Madrid, 1998.
- [2] COMISIÓN PERMANENTE DEL HORMIGÓN. Documento 0, versión 9-03-2007, base para la revisión de la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE). Madrid, 2007.
- [3] GEHO. Recomendaciones C.E.B. para separadores, calzos y atado de armaduras. Madrid, 1992.
- [4] THE CONCRETE SOCIETY. Standard provisions for achieving cover encircling reinforcing steels. U.K., 1989.
- [5] COMITÉ EURO-INTERNATIONAL DU BETON. Bulletin d'Information nº 164. Laussane, 1985.
- [6] CONCRETE REINFORCING STEEL INSTITUTE (CRSI). Manual of Standard Practice. Schaumburg (IL), 2004.
- [7] LEVITT, M. and HERBERT, M.R. Selection of bar spacers for reinforced concrete. Concrete, Noviembre 1968. Cement and Concrete Association, London, England. ■



zuncho Revista trimestral

Si todavía no recibe nuestra revista y quiere recibirla gratuitamente o que la reciba otra persona, por favor háganos llegar los datos adjuntos por fax (91 562 45 60) o por correo electrónico (buzon@calsider.com).

Nombre: _____

Empresa: _____

Cargo: _____

Dirección postal: _____

E-mail: _____ Tel.: _____ Fax: _____

De acuerdo con la Ley 15/1999 de 13 de diciembre de Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD), los datos personales suministrados por el Usuario serán incorporados a un Fichero automatizado. En cumplimiento de lo establecido en la LOPD, el Usuario podrá ejercer sus derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición. Para ello puede contactar con nosotros en el teléfono 91 561 87 21 o enviándonos un correo electrónico a buzon@calsider.com.