

Documento:



**Eh-4**

**UNIDAD CONSTRUCTIVA**

**SOPORTES/PILARES DE HORMIGÓN ARMADO**

**DESCRIPCIÓN**

Elemento estructural vertical que recoge las cargas de las distintas plantas del edificio transmitiéndolas a la cimentación.

**DAÑO**

FISURACIONES EN EL PROPIO ELEMENTO, EN PARTICIONES Y EN REVESTIMIENTOS.

**ZONAS AFECTADAS**

Estructura, compartimentaciones y acabados



Fig. 1: Ejecución pilares hormigón armado



Fig. 2: Hormigonado de pilares

Los soportes o pilares tienen como misión la de recoger y transmitir las cargas del edificio a la cimentación.

Los pilares o soportes suelen estar predominantemente solicitados a compresión simple, es decir, cuando está sometido solo a carga vertical y centrada, si bien puede trabajar a compresión compuesta (además de la carga vertical, tiene una sollicitación a flexión o si la carga vertical se encuentra descentrada), a flexión compuesta (la sección del pilar trabaja parte comprimida y parte traccionada), y pueden también soportar esfuerzo de pandeo, cortante o de torsión.

La armadura transversal o estribos en los soportes desempeñan una triple función:

- Impedir el pandeo de las barras comprimidas.
- Tomar los esfuerzos transversales que existan o puedan existir (impactos, sismos, etc.).
- Zunchar el núcleo de hormigón del soporte. Particularmente importante frente a sollicitaciones extraordinarias.

Los soportes suelen tener como secciones más comunes, la cuadrada, rectangular y circular, debiendo cumplir con las condiciones que se indican a continuación, según se indica en el Anexo 19 del Código Estructural, siempre que la mayor dimensión  $h$  no sea superior a 4 veces la menor dimensión  $b$ :

- Los soportes de hormigón armado con sección poligonal, se debe disponer, como mínimo, una barra longitudinal en cada esquina y en pilares circulares un mínimo de cuatro barras longitudinales. (Es recomendable que el nº de barras longitudinales en un pilar circular sea, al menos, seis).
- No se contempla la dimensión mínima de pilares. (En la anterior EH-08 se indicaba  $\geq 25$  cm).
- La disposición de las armaduras se ajustará a lo prescrito en el Anexo 19 9.5.2 del C. Estructural.
- Las barras longitudinales deben tener un diámetro superior a 12 mm.
- El diámetro de la armadura transversal no debe ser inferior a 6 mm o a un cuarto del diámetro máximo de las barras longitudinales. Debe anclarse siguiendo los criterios del apdo 8.2.5 del C.E.
- El área de la armadura longitudinal ( $A_{s,max}$ ) no debe superar el 0,04 del área de la sección total del hormigón ( $A_c$ ), fuera de la zona de solape, ni 0,08 dentro de las mismas.
- Toda barra o grupo de barras longitudinales colocadas en una esquina deben estar sujetas mediante una armadura transversal. Ninguna barra de la zona de compresión debe estar a una distancia superior a 150 mm de otra que se encuentra sujeta.

## PROBLEMÁTICAS HABITUALES

Se describe a continuación brevemente las causas que pueden producir fallos en este tipo de elemento estructural:

### ❖ Causas intrínsecas de lesiones en soportes

#### **Defectos de proyecto**

Son errores de concepción, de diseño, de cálculo o de documentación deficiente, por ejemplo:

- No tener presente la evacuación de las aguas, vertiendo directamente sobre el hormigón.
- Ausencia de cálculos o no contemplar todas las cargas y condiciones de servicio.
- No identificar adecuadamente las condiciones medioambientales. Problemas de durabilidad.
- Diseño de armados insuficientes o mal concebidos.
- Ausencia o insuficiente información (Planos de planta, secciones y detalles para la ejecución de esta unidad de obra).

#### **Defectos de puesta en obra**

Se relacionan a continuación algunos de los principales defectos de la puesta en obra:

- No respetar las características dimensionales y el correcto replanteo, pilares girados o armaduras colocadas en caras opuestas, originan fallos en los soportes de hormigón armado.
- En pilares con secciones variables por planta, las barras no están dobladas antes del hormigonado del pilar, lo que implica el grifado posterior en obra de las armaduras, con el consiguiente perjuicio.
- Exceso o insuficiente recubrimiento de las armaduras, ausencia o defectuosa colocación de separadores o calzos.
- Defectos en la calidad de los materiales, en especial hormigones: por consistencias inadecuadas, resistencia inferior a la requerida en proyecto, etc...
- Deficiente ejecución de los soportes o pilares: errores en el armado, fallos en los empalmes o anclajes, encofrados no estancos, deficiente o excesivo vibrado, cortes del hormigón ocasionando discontinuidades, coqueas, etc.
- Proceder al aplomado del encofrado una vez hormigonado el pilar.
- Desencofrados prematuros originando daños en las aristas y/o caras de los pilares.
- Curado defectuoso del hormigón o en condiciones climatológicas desfavorables.



Fig. 3. Deficiente replanteo y grifado de armaduras



Fig. 4. Recubrimientos incorrectos. Ausencia separadores

### ❖ Causas extrínsecas de fallos de soportes

Se engloban tanto los cambios en el propio edificio como en el entorno y, en cualquier caso, modifican sustancialmente las condiciones para las que se diseñaron los soportes, por ejemplo:

- Modificaciones de las hipótesis del proyecto que pueden afectar a los soportes de hormigón armado.
- Variaciones en las condiciones del entorno.

### ❖ Uso y mantenimiento:

- Ausencia de mantenimiento.
- Acciones indebidas sobre los materiales y elementos constructivos.
- Cambios de uso.

## LESIONES Y DEFICIENCIAS

A continuación, se describen brevemente algunas de las lesiones que nos encontramos en los soportes de hormigón armado, si bien algunas de ellas no presentan problema de seguridad estructural, si pueden afectar en el aspecto funcional o estético.

### ❖ Coqueras o nidos de grava

El vertido se ha segregado por presentar una granulometría con excesiva cantidad de árido grueso, por la falta de estanqueidad de los encofrados o por vibrados excesivos con la pérdida de lechada.



Fig. 5. Nidos de grava en soportes

### ❖ Retracciones del hormigón:

La retracción del hormigón se produce como consecuencia de la reducción de volumen por la pérdida de agua durante la fase de fraguado o endurecimiento. Para que el hormigón del soporte llegue a fisurar, su movimiento debe hallarse restringido, en este caso por los estribos. Cuanto mayor sea la relación agua/cemento mayor será la retracción, ya que mayor será la cantidad de agua a evaporarse. Este efecto se ha incrementado ostensiblemente en los últimos años porque cada vez se utilizan hormigones más resistentes que liberan más calor durante su endurecimiento.

Los factores que inciden sobre la posibilidad de fisuras por retracción en este elemento estructural, entre otros, se encuentran: la pérdida de agua por evaporación, curados inadecuados, viento y soleamiento, excesiva relación agua/cemento, granulometría que no minimicen la superficie específica, etc.

Las fisuras de retracción plástica se producen en las primeras horas del fraguado del hormigón (1 a 6 horas), pudiendo prolongarse hasta varias semanas. Las de retracción de secado o hidráulicas se producen durante la fase final de su proceso de endurecimiento, suelen aparecer a las dos o tres semanas del vertido, llegando en condiciones normales al año, retardándose a veces hasta los dos o tres años.

Si bien este tipo de fisuras no crea una merma significativa de la capacidad resistente, si puede disminuir la durabilidad al permitir el acceso de agentes externos o la humedad al núcleo del hormigón y/o al acero, lo que puede provocar el inicio de la degradación del elemento estructural.



Fig. 6. Fisuración por retracción en soportes

### ❖ Fisuración por corrosión de la armadura

Si el acero no está adecuadamente protegido por el hormigón, al perder éste su capacidad pasivante por la carbonatación (pH menor de 9), se corroe y aumenta de volumen, fisurando e incluso desprendiendo el hormigón de recubrimiento de dichas armaduras.

La carbonatación comienza sobre la superficie del hormigón y se propaga lentamente en profundidad. El método utilizado para determinar la profundidad de carbonatación es el conocido como "test a la fenolftaleína", que muestra un color fucsia intenso la zona no carbonatada.



Fig.7. Carbonatación del hormigón. Test a la fenolftaleína

Una vez iniciado el proceso de corrosión, es fácil de detectar este efecto ya que se produce una serie de fisuras a lo largo de la armadura principal y/o en estribos, normalmente manchadas de óxido, incluso provocando el desprendimiento del hormigón de recubrimiento, por el incremento de volumen de las armaduras.



Fig. 8 y 9. Desprendimiento del hormigón por corrosión de armaduras en soportes

Esta patología puede evitarse con la utilización de:

- Hormigones compactos.
- La correcta ejecución de los recubrimientos de las armaduras.
- El adecuado contenido de cemento y relación agua-cemento.

Existen otros tipos de lesiones originadas por acciones de origen mecánico, si bien no suelen ser habituales, si presentan una extrema peligrosidad, que requieren un apuntalado de urgencia, como son, entre otras:

**Rotura por compresión o aplastamiento:** Se trata de la lesión más grave que pueda sufrir un pilar, dado que su presencia indica el agotamiento de su capacidad resistente y su colapso prácticamente inminente. Se suelen manifestar con el pandeo de las barras de las esquinas y con fisuras verticales que seccionan el pilar. (Fig. 10)

**Rotura a flexión:** Las fisuras aparecen horizontales en una cara, seccionando la mitad del soporte. Suelen presentarse en soportes extremos con grandes luces de vigas o sometido a grandes momentos. Los motivos pueden ser por: armados y/o anclajes insuficientes para soportar la flexión a que está sometido, empujes horizontales, sobrecargas imprevistas, retracción de las vigas o deficiente resistencia del hormigón. (Fig. 11).

**Rotura a tracción:** Se trata de una lesión estructural grave. Se manifiesta con fisuras horizontales en una cara y se alargan en las caras perpendiculares hasta desaparecer. Normalmente los pilares trabajan a compresión, aunque existe excepciones, como en pórticos muy descompensados o en algunos situados en zona sísmica. La rotura más frecuente por tracción suele suceder por descenso de la cimentación de un pilar. (Fig.12).



Fig.10. Fisuras por compresión en pilar corto



Fig. 11. Fisuras por flexión

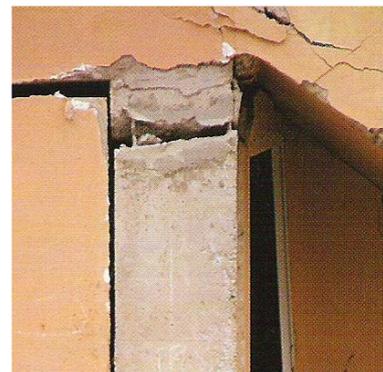


Fig. 12. Grieta por tracción

**Fisuras por pandeo:** Las fisuras por pandeo aparecen generalmente en soportes esbeltos por insuficiente sección y armado, se manifiestan a través de fisuras verticales por aplastamiento del hormigón u horizontales en el caso de rotura a flexión por pandeo en el centro de su altura. (Fig. 13).

**Rotura a cortante:** En soportes de hormigón armado, el fallo a cortante es poco frecuente. No obstante, puede producirse en la planta baja de edificios sometidos a fuertes empujes horizontales de sismo o en pilares extremos de última planta, donde acometen vigas de grandes luces y fuertes cortantes.

Las fisuras se presentan a 45°, producidas por una sección o armadura transversal insuficientes, generan el desplazamiento de una parte del pilar sobre la otra cuando el estado es muy avanzado. (Fig. 14).



Fig. 13. Rotura a flexión por pandeo de soporte



Fig. 14. Grieta por cortante en soporte

En estructuras en las que se omiten los estribos del pilar en el nudo, o se utiliza un hormigón en soportes de resistencia notablemente más elevada que en vigas o forjado, hormigonando el nudo con el hormigón de la vigas o forjados, se pueden producir unas fisuras de pequeña apertura paralelas a la directriz del soporte. El proceso de fisuración se agrava si la estructura se encuentra sometida a acciones horizontales, como sacudidas sísmicas (Figura 16).

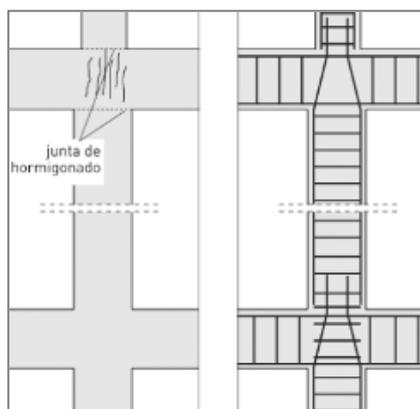


Fig. 15. Fisuración vertical en nudos de pórticos.



Fig. 16. Rotura con pandeo de las armaduras

Otro tipo de fisuración es la que se produce en la cabeza del pilar, por ausencia o deslizamiento de los estribos o por baja local de resistencia del hormigón.

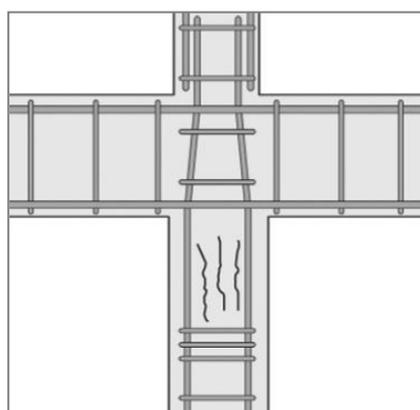


Fig. 17. Fisuración vertical en cabeza de pilar



Fig. 18. Rotura por aplastamiento, pandeo de las armaduras

## RECOMENDACIONES TÉCNICO-CONSTRUCTIVAS

### ❖ Ejecución de soportes o pilares de hormigón armado

Se relacionan a continuación las fases de ejecución de los soportes de hormigón armado, en general son:

- Replanteo.
- Montaje de las armaduras y separadores.
- Colocación del encofrado previa aplicación de desencofrante, en su caso.
- Vertido y compactación del hormigón.
- Desencofrado y curado del hormigón.

### ❖ Replanteo

La primera operación consistirá en determinar los ejes de los soportes o pilares que se van a encofrar. Situado los ejes, en virtud de las dimensiones de obras fijadas en los planos del proyecto, se procederá a representar la figura de la sección transversal del pilar. Una vez dibujada, y en los casos que sean prismáticos, se prepara un marco o collarín de listones de madera que conforman el perímetro, fijados mediante clavos, cuyo hueco interior tenga las mismas dimensiones que la sección transversal del soporte.



Fig. 19. Replanteo pilar para montaje encofrado

### ❖ Montaje de la armadura y separadores

Las armaduras deberán estar exentas de óxidos no adherentes, cualquier otra sustancia perjudicial, o manchadas con desencofrante, debiéndose de limpiar con disolventes volátiles.

Las barras se atarán en todos los cruces de esquina de los estribos con la armadura principal.

Para que los cercos arriostren eficazmente la armadura longitudinal, es preciso que sujeten realmente las barras longitudinales en compresión, evitando su pandeo. Así, por ejemplo, si en un soporte la armadura longitudinal se dispone no sólo en las esquinas, sino también a lo largo de las caras, para que las barras centrales queden realmente sujetas, convendrá adoptar disposiciones de las indicadas en la figura 20, sujetando, al menos, una de cada dos barras consecutivas de la misma cara y todas aquellas que se dispongan a una distancia mayor o igual a 150 mm.

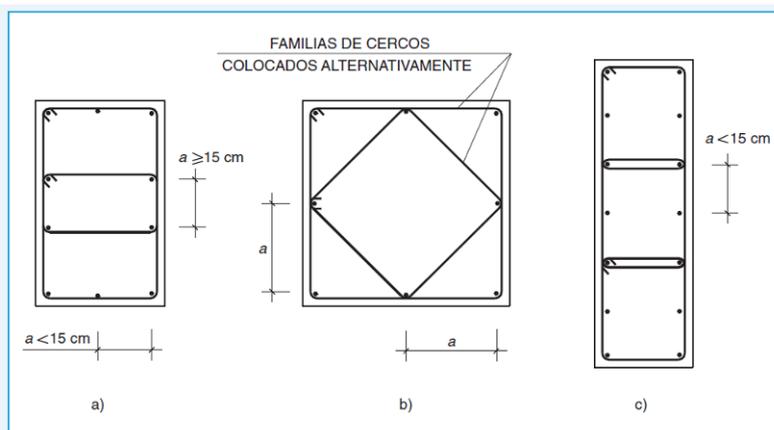


Fig. 20. Esquema orientativo de la colocación de cercos en soportes

La longitud de anclajes y empalmes de las armaduras cumplirán las especificaciones del artículo 49.5 y apartados 8.4 a 8.9 del Anejo 19 del Código Estructural.

Los recubrimientos de las armaduras de los soportes deberán cumplir las especificaciones indicadas en el apartado 43.4.1 del Código Estructural, según la clase de exposición, tipo de cemento,  $f_{ck}$  y la vida útil de proyecto.

El espesor de recubrimiento constituye un parámetro de gran importancia para lograr una protección adecuada de la armadura durante la vida de servicio de la estructura. El periodo durante el que el hormigón del recubrimiento protege a las armaduras es función del cuadrado del espesor del recubrimiento. Esto conlleva que una disminución del recubrimiento a la mitad de su valor nominal se traduzca en un periodo de protección de la armadura reducido a la cuarta parte.

La distancia entre separadores o calzos no será superior a 100 veces el diámetro de las armaduras ó 200 cm, colocándose a la misma altura en las caras opuestas de las armaduras. Se dispondrán, al menos, tres planos de separadores por tramo, acoplados a los cercos o estribos. (Tabla 49.8.2 Disposición de separadores. Código Estructural).

Fig. 21. Colocación separadores en el armado de soportes



#### ❖ Encofrados y desencofrados

Los paneles del encofrado deberán ser capaces de resistir las acciones a las que van a estar sometidos durante el proceso de construcción y tener la rigidez suficiente para asegurar que se van a satisfacer las tolerancias especificadas en el proyecto.

Se deberá de sellar la parte baja del encofrado para evitar la pérdida de lechada.

Colocado el encofrado, bien in situ alrededor de la armadura o montado completamente y se inserta en la armadura, deberá arriostrarse, como mínimo, en dos direcciones.

Evitar en todo momento, realizar el aplomado del encofrado, posteriormente al vertido del hormigón.

Fig. 22. Montaje de encofrado completo de soportes



#### ❖ Vertido, compactación y curado del hormigón

El hormigón y sus materiales constituyentes deberán cumplir el artículo. 51 del Código Estructural.

El vertido y colocación del hormigón deben efectuarse de manera que no se produzca la disgregación de la mezcla. No debe efectuarse desde gran altura (dos metros como máximo en caída libre). El hormigón debe ir dirigido durante el vertido, mediante trompas de hormigonado u otros dispositivos que impidan su choque libre contra el encofrado o las armaduras. Si se utiliza bomba para el vertido del hormigón la manguera flexible debe llegar al fondo y retirarla a la vez que el vibrador.

El vibrador debe estar siempre en el fondo del encofrado antes de comenzar con la primera capa de hormigón. Una inadecuada compactación del hormigón en obra puede conducir a una permeabilidad excesiva en el caso de compactación insuficiente, o formación de una capa superficial débil en el caso de una compactación excesiva.

Durante el fraguado y primer periodo de endurecimiento del hormigón, deberá asegurarse el mantenimiento de la humedad del mismo mediante un adecuado curado (Artículo 52.5 del Código Estructural).

#### ❖ En el Mantenimiento y conservación:

En el proyecto de todo tipo de estructuras, será obligatorio incluir un Plan de Inspección y Mantenimiento, que defina las actuaciones a desarrollar durante toda la vida útil. (Artículo 24 del C.E.).

Al menos, se solicitará, por parte de la propiedad, a un técnico una revisión inmediata siempre que aparezcan lesiones en el edificio (fisuras, grietas, desplomes, etc.), y cada 5 años una inspección general.

## REFERENCIAS

FUNDACIÓN MUSAAT	
AUTOR ● Alberto Moreno Cansado	Calle del Jazmín, 66. 28033 Madrid
	www.fundacionmusaat.musaat.es

IMÁGENES
● Moreno Cansado, Alberto. (Fig.1 a 9, 18, 20 Y 21).
● Muñoz Hidalgo, Manuel. (Fig.10 a 14, 16 y 18).
● Antigua EHE-08: (Fig.:20).

BIBLIOGRAFÍA y NORMATIVA
● Diagnóstico y causas en patología de la edificación. M. Muñoz Hidalgo ● Puesta en obra del hormigón: Eduardo Montero Fernández de Bobadilla. ● Fichas de patología. ASEFA. ● Patología de estructuras de hormigón armado. Juan Pérez Valcárcel. ● Patologías de las estructuras de H.A. Borto Quintian, J. Manuel. ● CTE/DB-SE-C; ● Código Estructural; ● Normas UNE

CONTROL:	ISSN: 2340-7573	Data: 15/1	Ord.: 5	Vol.: E	Nº: Eh-4	Ver.: 2
----------	-----------------	------------	---------	---------	----------	---------

NOTA: Los conceptos, datos y recomendaciones incluidas en este documento son de carácter orientativo y están pensados para ser ilustrativos desde el punto de vista divulgativo, fundamentados desde una perspectiva teórica, así como redactados desde la experiencia propia en procesos patológicos.

© del Autor

© de esta publicación, Fundación MUSAAT

Nota:

En este documento se incluyen textos de la normativa vigente