

Documento:



Eh-5

UNIDAD CONSTRUCTIVA

FORJADOS UNIDIRECCIONALES CON VIGUETAS/NERVIOS DE HORMIGÓN Y ENTREVIGADO. PARTE I

DESCRIPCIÓN

Elemento estructural, generalmente plano, que recoge las cargas y las transmite a los elementos que lo sustentan (muros, vigas o soportes).

DAÑO

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

ZONAS AFECTADAS

Estructura, compartimentaciones y acabados



Fig. 1: Vista general forjado unidireccional



Fig. 2: Hormigonado forjado unidireccional

En este documento nos vamos a referir a los forjados unidireccionales constituidos por viguetas y/o semiviguetas de hormigón prefabricadas, con piezas de entrevigado, armadura colocada en obra y hormigón vertido in situ, sometido a flexión esencialmente.

Las funciones principales del forjado, como elemento estructural, son: soportar las acciones gravitatorias, recoger y distribuir las fuerzas que actúan sobre él, arriostrar los diferentes pórticos e impedir el pandeo lateral y ayudar frente a torsiones en las vigas.

En cuanto a su función separadora, los forjados dividen el edificio en plantas, separando y aislando unas de otras, debiendo proporcionar un aislamiento acústico (a ruido aéreo e impacto) suficiente entre plantas consecutivas, impedir la propagación del fuego y contribuir al aislamiento térmico.

Según el proceso constructivo de los forjados, se pueden denominar como:

- **Forjados con semiviguetas:** pueden ser armadas o pretensadas. Es necesario el apuntalamiento durante la ejecución del forjado y el endurecimiento del hormigón.
- **Forjados con viguetas autorresistentes:** aquellos que utilizan elementos prefabricados con armaduras pretensadas y que no suelen necesitar apuntalamiento mientras se construye.
- **Forjados nervados in situ:** aquellos cuyos nervios son armados y hormigonados totalmente en obra.

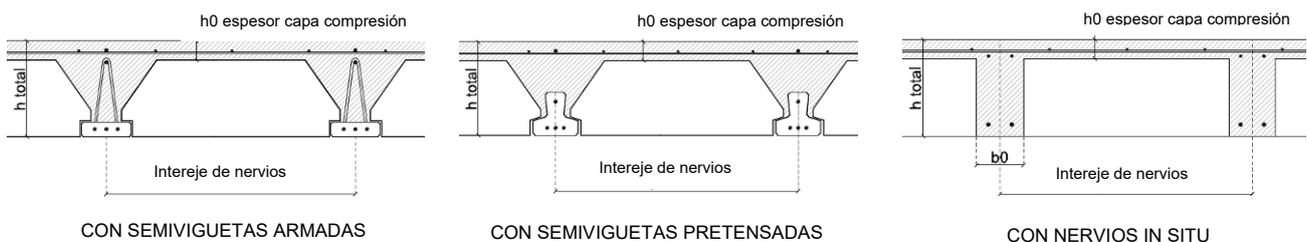


Fig. 3: Secciones tipo de forjados unidireccionales

Las piezas de aligeramiento, en general, suelen ser de hormigón, cerámicas, de arcilla expandida aglomerada con cemento o de poliestireno expandido.

Los sistemas de encofrados y apeos no son objeto de este documento.

PROBLEMÁTICAS HABITUALES

En relación con algunas estadísticas publicadas sobre patologías, a la hora de determinar el origen de los daños que se manifiestan en los elementos constructivos, los errores que se manifiestan en las estructuras de hormigón armado se distribuyen en:

- * Errores en fase de proyecto: 40-50%.
- * Errores en fase de ejecución: 25-35%.
- * Errores debido a los materiales: 10-15%.
- * Errores en fase de uso y mantenimiento: 5-10%.

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

❖ Causas intrínsecas de lesiones en forjados unidireccionales con viguetas/nervios y entrevigado

▪ Defectos de diseño y cálculo

La gran mayoría de los errores en la fase de proyecto pueden agruparse en algunos de los tipos que se relacionan a continuación:

- De concepto del funcionamiento de la estructura.
- En la evaluación de las acciones.
- En el establecimiento de hipótesis de carga.
- En el cálculo de los esfuerzos y deformaciones.
- En la dimensión de las secciones o en la disposición de las armaduras.
- En la elaboración de plano y/o detalles constructivos. Muchos de los errores que se le atribuyen a proyecto tienen su origen en la ausencia de detalles constructivos que definan la correcta solución de la puesta en obra del elemento estudiado.
- Falta de previsión en el plan de cimbrados y descimbrados. El forjado en proceso de ejecución, debido a la transmisión de cargas de forjados superiores puede llegar a rebasar la carga prevista, lo que puede ocasionar una deformación permanente a la hora de la puesta en carga que pueda generar fisuraciones e incluso llegar al agotamiento del elemento estructural.

▪ Defectos de puesta en obra

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

- Deficiente y/o inadecuados sistemas de encofrados, apeos, puntales, durmientes, tableros, etc.
- Defectos en la calidad de los materiales, en especial hormigones: por consistencias inadecuadas, resistencia inferior a la requerida en proyecto, etc. En el caso de bovedillas cerámicas, comprobar que no presenten problemas de dilatación potencial.
- Recepción de viguetas sin identificar o verificar sus dimensiones. Deberá verificarse que la tipología de vigueta cumple con las especificaciones de proyecto, según la ficha técnica del fabricante.
- Incompatibilidad entre viguetas y bovedillas, no permitiendo que el hormigón se introduzca en el espacio entre el alma de la vigueta y los laterales de las bovedillas, por lo que el contacto solo se produce entre la capa de compresión y la cara superior de la vigueta, careciendo, por tanto, de resistencia frente a los esfuerzos rasantes.



Fig. 4. Acopio de viguetas sin identificación



Fig.5. Deficiente longitud de vigueta, sin conexión a la viga

- Defectos en el encuentro entre las viguetas y las vigas, ausencia de macizados (al menos 10 cm) de dicha zona, bovedillas ciegas para evitar el paso del hormigón en el interior de las bovedillas con la consiguiente sobrecarga.

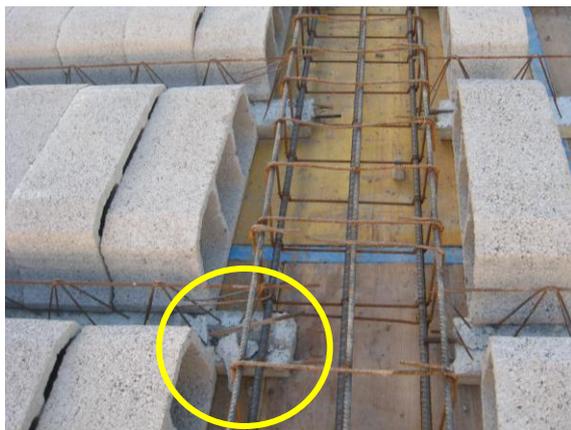


Fig. 6. Montaje de viguetas bajo el armado inferior de la viga. INCORRECTO



Fig. 7. Espacio para macizado entre viga-bovedilla y cegado lateral de bovedillas. CORRECTO

- Falta de recubrimientos de las armaduras por la ausencia o defectuosa colocación de separadores o calzos, que puede tener como consecuencia su corrosión y la pérdida de capacidad resistente.

- Errores en el armado, fallos en empalmes o anclajes, excesiva concentración de armaduras que obstaculice el paso del hormigón, quedando los elementos sin hormigonar adecuadamente, reduciendo la capacidad a compresión del forjado.



Fig. 8. Deficiente vertido y compactado del hormigón entre vigueta y bovedilla

- Deficiente estanqueidad de los encofrados.
- Deficiente o excesivo vibrado, es necesario el correcto vibrado de las cabezas de las viguetas, en especial las semirresistentes, tanto pretensadas como armada, para conseguir el adecuado macizado y compactado.
- Falta de planeidad en la capa de compresión.
- Inadecuados cortes durante el proceso de hormigonado ocasionando discontinuidades, coqueas, etc.
- Desencofrados prematuros, no cumpliendo con los plazos de desapuntalado previstos. El orden de retirada de los puntales será desde el centro del vano hacia los extremos y en el caso de voladizos del vuelo hacia el arranque. No se entresacarán ni retirarán puntales sin la autorización de la D.F. (Artículo 53.2 del Código Estructural)
- Curado defectuoso del hormigón o en condiciones climatológicas desfavorables.

❖ Causas extrínsecas de fallos de forjados unidireccionales

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 forjados, por ejemplo:

- Modificaciones de las hipótesis del proyecto que pueden afectar a los forjados.
- 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 pueden presentarse en los forjados unidireccionales formados por viguetas de hormigón y entrevigado de piezas cerámicas, de hormigón, u otros materiales, si bien algunas de ellas no presentan problema de seguridad estructural, si pueden afectar en el aspecto funcional o estético en la edificación.

❖ Fisuras por flexión y flechas excesivas

Las patologías por exceso de flecha han sido habituales, si bien se han acentuado con la utilización de luces mayores y el uso de las vigas planas, unido muchas veces a la ausencia de tabiquería en las plantas más bajas que favorecen el exceso de deformaciones, con piezas esbeltas y con menores grados de empotramiento, lo que ha generado que las flechas, tanto instantáneas como diferidas, se vean claramente incrementadas en estos elementos estructurales de hormigón armado.

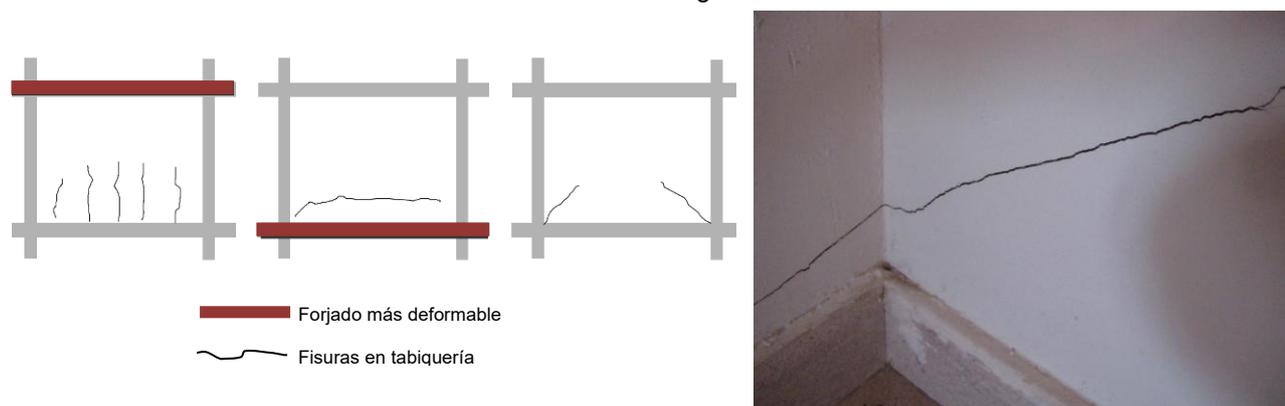


Fig. 9. Lesiones en tabiquería por deformaciones excesivas de forjados

Generalmente, aparecen fisuras en tabiquería y/o cerramientos, que no implica inseguridad de la edificación, tan solo una incompatibilidad de deformación con los forjados, presentando problemas estéticos que puede ocasionar molestias a los usuarios. Aunque puede darse el caso de que sean síntomas de un bajo nivel de seguridad si se han debido a secciones insuficientes o cargas excesivas.

Si la tabiquería se encuentra trabada o retacada en los encuentros con los paramentos perpendiculares a éstos y/o al forjado superior, en vez de producirse la rotura del tabique, puede ocurrir que el tabique se quede suspendido provocando su separación del forjado inferior (piso en el que se apoyaba) como se aprecia en la Fig. 10. Estos movimientos pueden originar incluso el desprendimiento de las piezas del rodapié.



Fig. 10. Separación tabique-solado por deformaciones diferenciales o excesivas de forjado

También puede ocasionar fisuración en las baldosas del pavimento y marcado de juntas. En principio aparece el marcado de juntas, salvo que el mortero de la junta sea más resistente que las baldosas por lo que las fisuras pueden aparecer en las propias baldosas. También puede producirse el levante del pavimento quedando las baldosas sueltas, principalmente a baldosas cerámicas debido a su menor espesor.

Las fisuras producidas en el pavimento por deformaciones diferenciales siguen la dirección de las viguetas, mientras que si las fisuras siguen la dirección perpendicular a las mismas pueden ser debidas a deformaciones excesivas del forjado.



Fig. 11. Lesiones en solado por deformaciones diferenciales o excesivas de forjados

Las fisuras en las viguetas y/o viguetas, por flexión y/o deformaciones excesivas, suelen aparecer en la zona central del elemento y cortan transversalmente la cara inferior de las mismas. Generalmente se producen por un deficiente cálculo y/o diseño, exceso de carga, y en ocasiones, por un incorrecto montaje de las sopandas que obliga a las viguetas a sobreesfuerzos en la fase del hormigonado.



Fig. 12. Fisuración en viga por flexión y/o deformación excesiva

A efectos de considerar la integridad de los elementos constructivos, se admite que la estructura horizontal de piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones características, considerando solo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento, la flecha relativa es menor que:

- 1/500 en pisos con tabiques frágiles (como los de gran formato, rasillones o placas) o pavimentos rígidos sin juntas.
- 1/400 en pisos con tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas.
- 1/300 en el resto de los casos.

En los casos en que los elementos dañables (tabiques, pavimentos, etc.) reaccionan de manera sensible frente a las deformaciones (flechas o desplazamientos horizontales) de la estructura portante, además de la limitación de las deformaciones se adoptarán medidas constructivas apropiadas, para evitar daños. Estas medidas resultan particularmente indicadas si dichos elementos tienen un comportamiento frágil. (CTE DB SE Apartado 4.3.3.1. Flechas).

"La flecha activa máxima, conjunta del sistema forjado viga plana, debería quedar comprendida entre 5 mm y 10 mm. Una flecha que no excediera de 5 mm garantizaría, en mayor medida, la ausencia de fisuración en los tabiques interiores de las viviendas y de agrietamiento de los cerramientos de fachada." (Piñeiro Martínez de Lecea, R., Gutiérrez Jiménez, J.P., Asenjo Monjín, V).

"Los tabiques rotos, con fisuras o grietas horizontales en el centro de la luz de las vigas o inclinadas cerca de las entregas, ponen de manifiesto también excesos de flecha del forjado. Si estas anomalías aparecen muchos años después de terminada la construcción, significan que han cambiado las condiciones iniciales de los forjados. Pueden existir nuevas sobrecargas superiores a las iniciales o puede haber cambiado la capacidad resistente del forjado a causa de la degradación de alguno de los componentes estructurales." (ITEC)

❖ Fisuración y/o rotura de bovedillas:

Uno de los problemas que presentan las bovedillas es cuando sufren expansión por humedad, con aumento de volumen originando una rigidez torsional que conlleva la caída de los fondos de éstas (Fig. 13).

Igualmente se producen fisuraciones y/o la caída de bovedillas por deformaciones diferenciales en zonas donde existen piezas adyacentes con distinta rigidez por proximidad a zunchos, cambio de luces de forjado, fábricas de ladrillo, la diferencia de flechas provoca la rotura y/o desprendimiento de las bovedillas (Fig. 14).

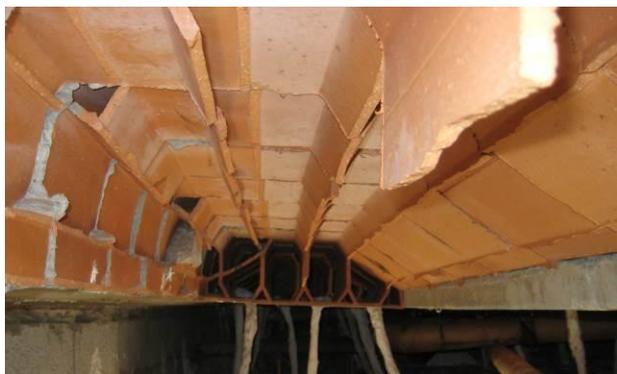


Fig. 13. Rotura y desprendimiento de bovedillas cerámica por expansión de humedad



Fig. 14. Rotura y desprendimiento de bovedillas de hormigón por deformaciones diferenciales

❖ **Fisuras por retracción hidráulica y/o por asiento plástico del hormigón:**

Las fisuras por retracción hidráulica se producen en el proceso de secado del hormigón al perder la pasta de cemento de toda la masa y no solo la superficial. Los factores que inciden son, entre otros: la pérdida de agua por evaporación, curados inadecuados, viento y soleamiento, excesiva relación agua/cemento, etc.

Las fisuras por asiento plástico se producen al descender por gravedad el hormigón y verse impedido en este movimiento por las armaduras, siendo la principal causa la excesiva relación agua/cemento, por lo que se ha de cuidar la consistencia y los cuidados en el vertido y curado del hormigón.

Si bien estos tipos de fisuras no crean una merma significativa de la capacidad resistente, si puede disminuir la durabilidad al permitir el acceso de agentes externos.



Fig. 15. Fisuración por retracción hidráulica



Fig. 16. Fisuración por asiento plástico

❖ **Fisuración por corrosión de las armaduras**

Se manifiesta con manchas de óxido a lo largo de las barras de la vigueta, y a medida que aumenta de volumen la armadura corroída se va fisurando el hormigón en contacto con las barras. La rotura de la vigueta se acaba produciendo por la falta de sección o por la pérdida de adherencia cuando falta el recubrimiento.

Esta patología puede evitarse con la utilización de hormigones compactos, correcta ejecución de los recubrimientos de las armaduras, un adecuado contenido de cemento y relación agua-cemento. Siendo las principales causas el ambiente agresivo, especialmente en zonas marítimas, forjados situados en zonas sin ventilación como bodegas, depósitos, etc.



Fig. 17. Desprendimiento del hormigón de vigueta por corrosión de armaduras

❖ **Fisuración por cambio de rigidez de las viguetas**

Cuando las viguetas tienen cambios bruscos de rigidez, al ser de luces diferentes, podrían aparecer fisuras cerradas en distintos planos, a lo largo de toda la vigueta, sin llegar a los apoyos.

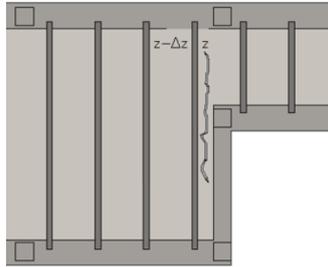


Fig. 18. Fisuración en cara inferior de forjado por cambio de rigidez de viguetas



❖ **Fisuración por esfuerzo cortante**

El esfuerzo cortante de un forjado unidireccional es soportado por el hormigón y la armadura transversal de las vigas, zunchos y viguetas. Cuando esta armadura no existe, el esfuerzo queda a cargo del hormigón y si se supera la resistencia de éste se suele producir la rotura brusca sin capacidad de aviso.

Las causas que pueden llegar a producir el agotamiento y/o colapso de un forjado por cortante son:

- Sección del forjado insuficiente.
- Luces mayores que las consideradas en cálculos.
- Omisión de armadura transversal.
- Exceso de carga.
- Utilización de hormigón de menor resistencia.
- Afectación de carbonatación y aluminosis (excepcionalmente) de las vigas y viguetas, que pueden provocar un gran deterioro tanto al hormigón como a las armaduras.

Suele aparecer, previamente a la rotura del elemento, una fisura cercana al extremo de la base de la viga y vigas transversalmente a las a la misma, que asciende en diagonal a 45°, hasta alcanzar la parte superior de ésta.



Fig. 19. Fisuración en viga por esfuerzo cortante

REFERENCIAS

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

IMÁGENES ● Moreno Cansado, Alberto. (Fig.1, 2, 4 a 19). ● ETSAM (Fig. 3)

BIBLIOGRAFÍA y NORMATIVA ● Patología en forjados unidireccionales. Daños más comunes. ASEFA. ● Patología y técnicas de intervención en estructuras arquitectónica. Juan Monjo Carrió. ● Como evitar errores en proyectos y obras. M. Muñoz Hidalgo ● Daños en elementos estructurales horizontales. Vigas y forjados. José M. Adam. ● Patología de estructuras de hormigón armado. Juan Pérez Valcárcel. ● CTE/DB-SE-C; ● Código Estructural; ● Normas UNE.

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