

EXPERIENCIAS EN ESPAÑA SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE SISTEMAS DE PISOS PREFABRICADOS A LO LARGO DE MÁS DE 40 AÑOS

Prof. Ramón Álvarez Cabal¹

Prof. Jaime Fernández Gómez²

1. Introducción

No es fácil transmitir en unas pocas páginas la importancia que los prefabricados de hormigón han alcanzado en España. La presencia de estos elementos es constante en cualquier campo, desde la edificación, en la que nos centraremos en adelante, hasta la obra civil (puentes, muros de contención de tierras -fotografía nº 1-), las obras hidráulicas (tuberías, arquetas, ...), marítimas, etc. También abarca desde los sectores tradicionales, como los propios puentes o las naves industriales, a los más novedosos como los aerogeneradores que muestra la fotografía nº 2 y desde los elementos de mayor importancia estructural a los puramente arquitectónicos, sin ninguna participación resistente (paneles de fachada, mobiliario urbano, etc.)

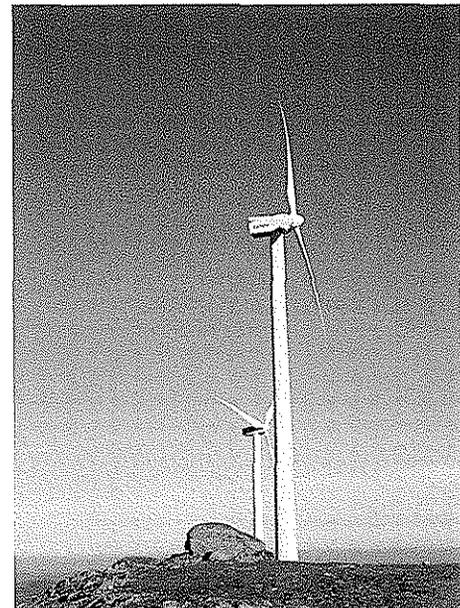
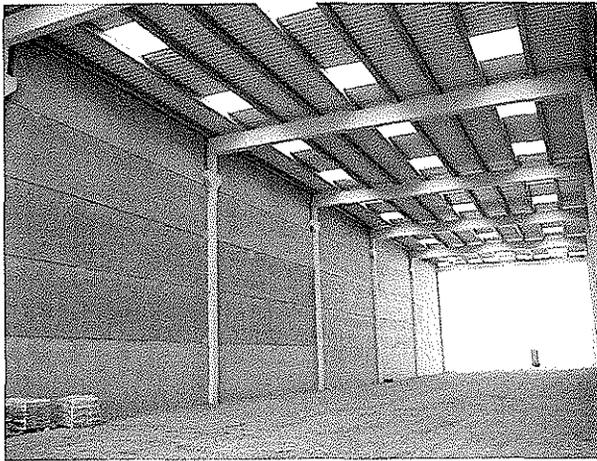
Con todo, quizás el éxito más notable de los prefabricados no haya sido tanto la difusión alcanzada como la permanencia conseguida a lo largo de los años. Hablamos, como se describirá mas adelante, de un siglo de presencia en un mundo en continua evolución, años en las que el sector ha atravesado crisis muy graves (la actual no es la menos importante) a las cuales ha sabido adaptarse.

¹ Dr. Ing. Industrial. Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Madrid. Jefe Dpto. INTEMAC.

² Dr. Ing. de Caminos, Canales y Puertos. Catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid. Presidente de INTEMAC.



fotografía nº 1



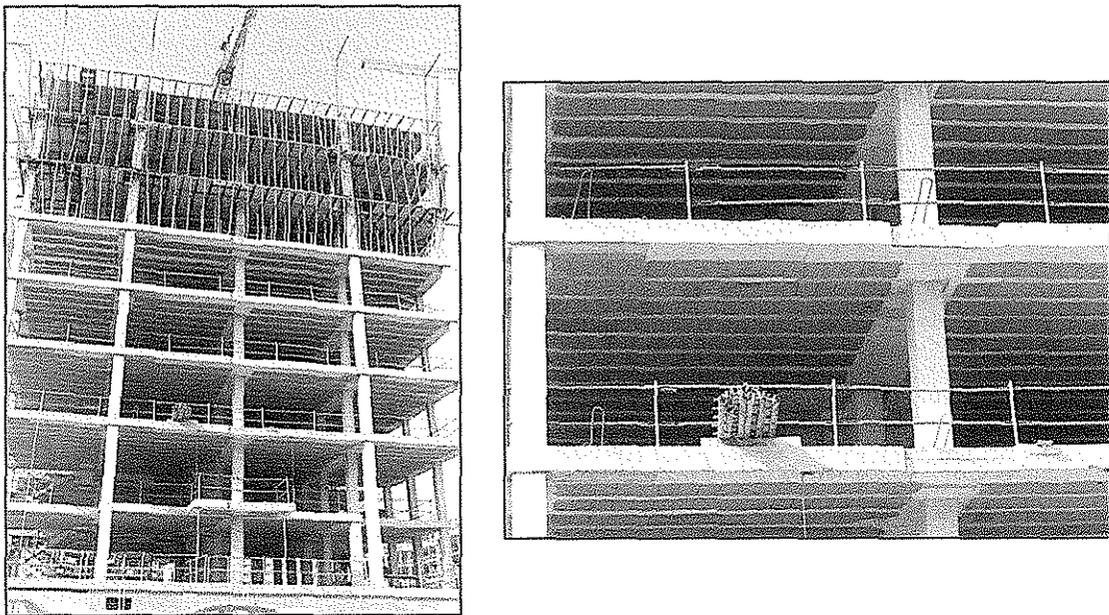
fotografía nº 2

Parece claro que cuando un producto o sistema alcanza tal difusión y durante tanto tiempo, no precisa de ningún otro argumento que lo justifique. En particular, los habituales listados de ventajas que se manejan tradicionalmente en relación a los prefabricados pierden sentido como justificación general y tan sólo serían, desde nuestro punto de vista, aplicables a la selección del tipo óptimo de forjado en cada caso particular.

Todo lo que sigue debería, en consecuencia, ser contemplado no tanto como una respuesta concreta a la pregunta implícita en el título, pregunta que queda contestada en los párrafos precedentes, sino como una descripción breve de las circunstancias en las que se ha ido desarrollando el sector a lo largo de los años.

2. Descripción

Centrándonos ya en el sector concreto de la edificación residencial, la fotografía nº 3 muestra la configuración estructural más frecuente en España a lo largo de las últimas décadas: pórticos ortogonales de hormigón armado, vigas planas (de canto igual al del forjado) y solución unidireccional entre éstas.

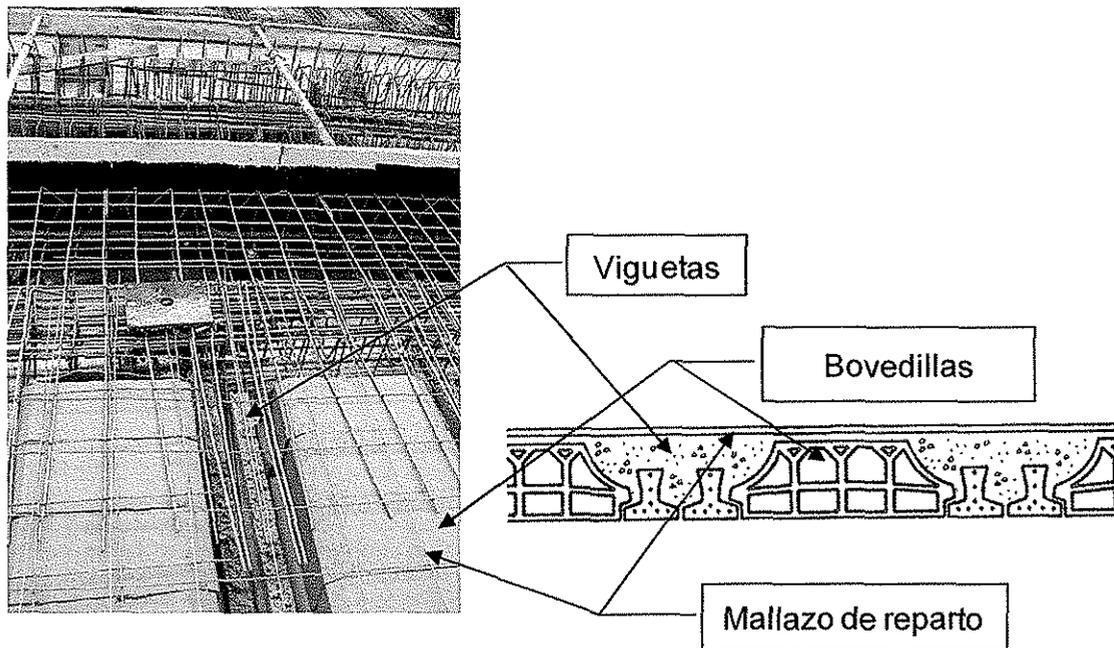


fotografía nº 3

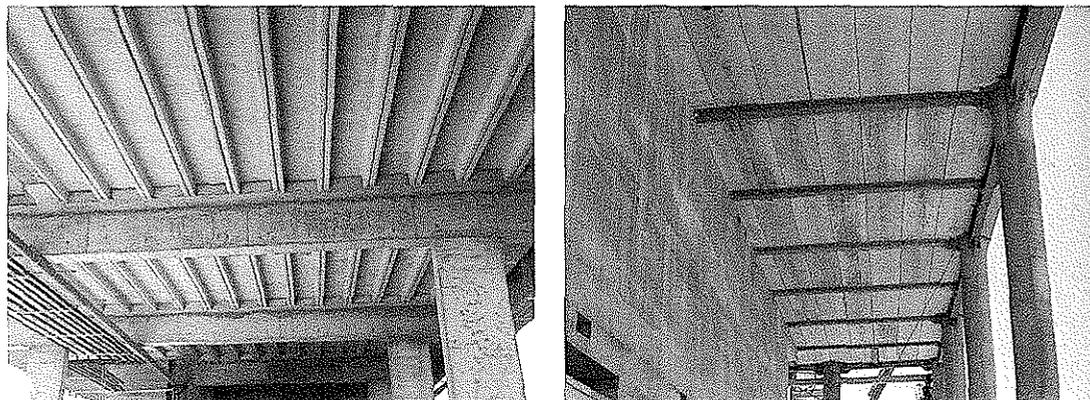
La fotografía nº 4 muestra un detalle habitual de este tipo de forjado. Se pueden apreciar los elementos resistentes, viguetas prefabricadas de hormigón pretensado (de tipo semirresistente y disposición doble en este caso), y los de relleno, bovedillas (cerámicas en este caso, pero que también pueden ser de mortero o de poliestireno expandido).

Para luces más importantes, típicas ya de edificios de oficinas o públicos, se han impuesto soluciones específicas como las que muestra la fotografía nº 5, losas alveolares o vigas en

π .



fotografía nº 4

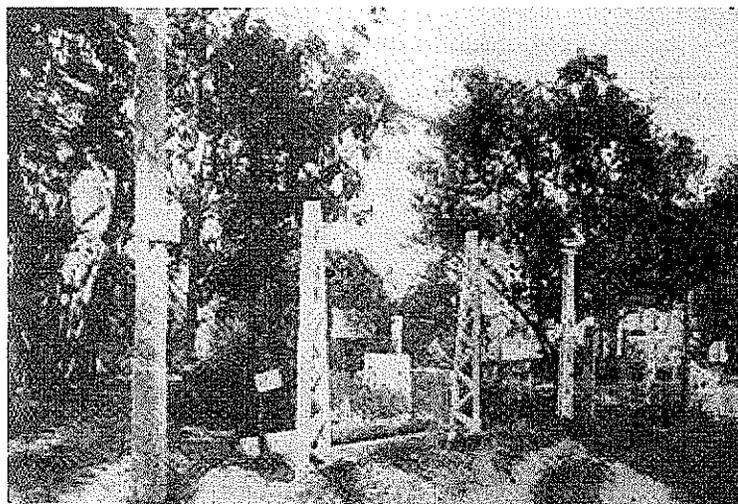


fotografía nº 5

3. Evolución

Los primeros elementos prefabricados de hormigón armado surgen como simple aplicación de las técnicas generales a los casos en los que lo exigía la lógica constructiva: tuberías, postes de conducción eléctrica, pilotes, etc. En el caso concreto de la edificación, los primeros elementos prefabricados fueron las vigas del Casino de Biarritz, realizadas por la empresa Coignet de París en 1891.

En el caso de España, ya en el primer quinquenio del siglo XX existían plantas de prefabricados de cierta entidad en Madrid y Sevilla (fotografía nº 6, tomada de Burgos [2]). Aunque todavía se trata de elementos que no se pueden relacionar directamente con la edificación, la importancia de estas fábricas es fundamental por su carácter pionero en la *idea de la industrialización de la construcción.*

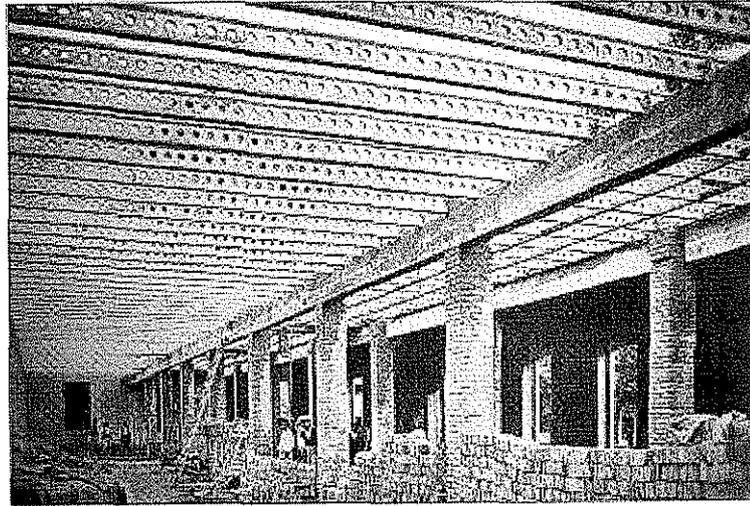


fotografía nº 6

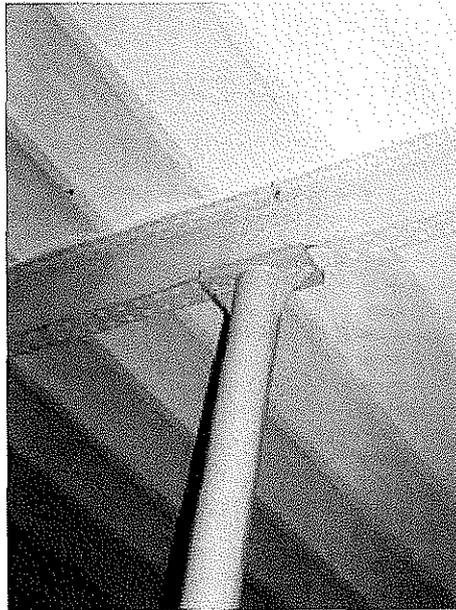
El impacto que en la opinión pública supuso el colapso en 1905 del tercer depósito de aguas para el abastecimiento de Madrid, colapso en el que perecieron 30 personas y otras 40 sufrieron lesiones graves, frenó durante algún tiempo la difusión del hormigón armado en nuestro País.

Las evidentes ventajas del nuevo material, no obstante, pronto impusieron su lógica, de forma que al acabar la primera década del siglo eran ya numerosas, y ciertamente atrevidas en algunos casos, las realizaciones en Hormigón armado. Este periodo coincide además con el fin de las patentes, lo que reflejaba un claro cambio de mentalidad al entender ya el hormigón armado como una técnica y no como un producto.

En la segunda década se construyeron los primeros forjados prefabricados, organizados a semejanza de los metálicos entonces muy extendidos. Compárese la fotografía nº 7, tomada de Burgos [2] y correspondiente a un edificio forjado con viguetas "LEO" de 1917, con la fotografía nº 8, que muestra una organización semejante resuelta con estructura metálica.



fotografía nº 7



fotografía nº 8

Las viguetas de acero se sustituían por otras de hormigón armado y sección en doble T de alma aligerada. Como en muchas otras ocasiones fue la simple necesidad de sustituir el acero, cuyo precio se había disparado a raíz del estallido de la primera guerra, la que justificó el cambio.

Paradójicamente, el entrevigado se seguía formando, en estas primeras realizaciones, mediante roscas de rasillas y rellenos de cascote o escoria a semejanza de la técnica

empleada en los forjados metálicos (figura nº 1). El coste, aún relativamente bajo, de la mano de obra aún no justificaba el empleo de soluciones prefabricadas que, paradójicamente, sí se empleaban en el caso de forjados "in situ" (figura nº 2).

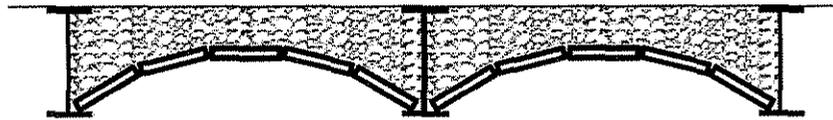


figura nº 1

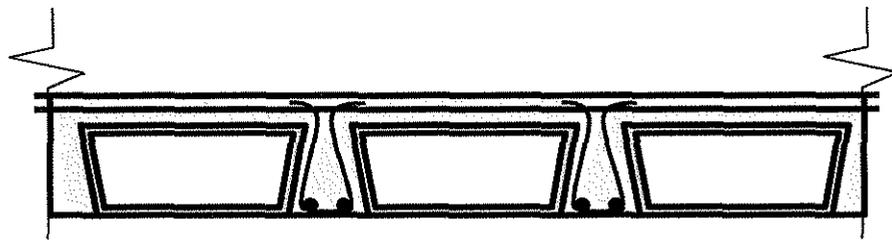


figura nº 2

Durante los años 20 y primeros 30 la técnica del hormigón armado se consolida en España. La labor iniciada por Maciá y Ribera tiene continuidad en las figuras de Sánchez del Río, Fernández Casado, Martín Gil y muchos otros, discípulos directos en algunos casos del propio José Eugenio Ribera. En el caso concreto de los forjados, sin embargo, las soluciones metálicas mantienen aún la primacía del mercado. Tendrían que ser, de nuevo, las carencias derivadas de las guerras, primero la civil Española e inmediatamente la segunda guerra mundial, las que justificarían el cambio.

En efecto, la necesidad acuciante de reconstruir las edificaciones destruidas durante la guerra civil, necesidad que se prolongaría durante las siguientes décadas debido a la creciente migración interna hacia las ciudades, junto con la escasez del acero consecuencia de la Segunda Gran Guerra y la falta de mano de obra cualificada, condujeron inevitablemente a la configuración de forjado que se haría insustituible durante muchos años, el unidireccional de vigueta y bovedilla.

Las primeras realizaciones se basaban en el empleo de viguetas de hormigón armado apoyadas directamente sobre las vigas o sobre muros resistentes de fábrica, en ocasiones enlazadas a la propia estructura de forma muy precaria (no era general la formación de zunchos resistentes perimetrales). El entrevigado se salvaba mediante bloques huecos,

cerámicos o de mortero (las "bovedillas" citadas en el párrafo precedente) y el espacio restante se rellenaba y nivelaba mediante los rellenos más dispares (figura nº 3).

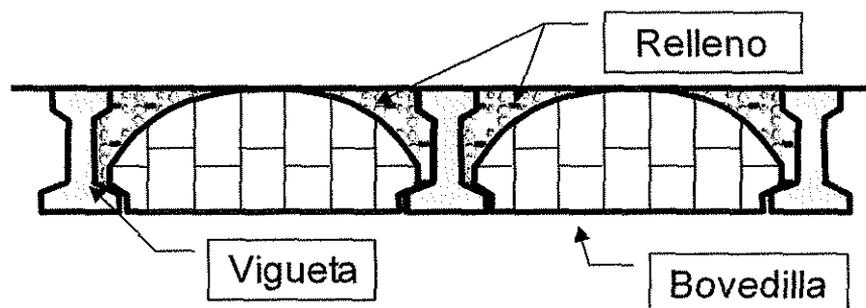


figura nº 3

Se llegaron a emplear, con cierto éxito, las soluciones desarrolladas para los postes de conducción eléctrica, basadas en elementos centrifugados. La figura nº 4 muestra algunas de ellas.

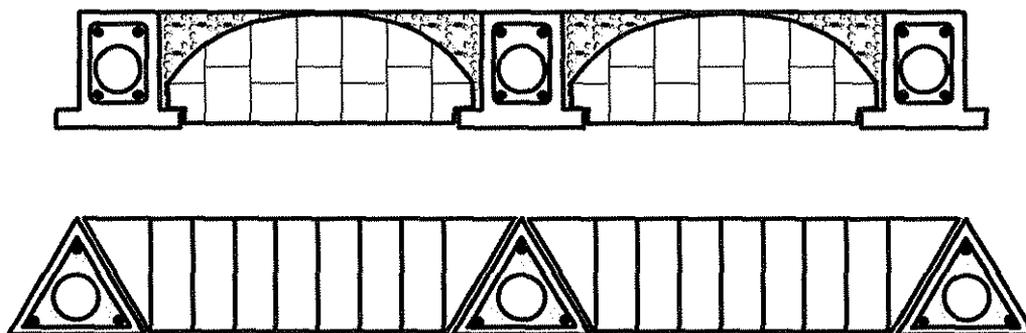


figura nº 4

Es interesante señalar cómo, pese a la escasez de medios, en algunos casos se hacía ya un esfuerzo importante en la difusión de los procedimientos de cálculo y recomendaciones de ejecución y uso, esfuerzo destinado a facilitar la labor del Arquitecto autor del proyecto. La figura nº 5 muestra uno de los folletos entonces en uso (el de la figura fue publicado en 1942) y utiliza ya unos procedimientos de comprobación, en régimen plástico, muy avanzados para la época).

Aunque estos forjados incumplían de forma evidente los principios básicos de monolitismo y enlace al resto de la estructura, principios en los que se basa la consideración del forjado como diafragma rígido en su plano y solidario con la estructura que hoy en día constituye la

base de cualquier proyecto de edificación, la verdad es que se cuentan por miles los edificios que utilizaron estos forjados en nuestro País.



figura nº 5

A mediados de siglo aparecen dos novedades que se generalizarían rápidamente: Las "semiviguetas" y el pretensado:

- Las semiviguetas o "viguetas semirresistentes" son simplemente viguetas de escasa capacidad que requieren la colaboración del hormigón vertido in situ no sólo para soportar las cargas totales de proyecto sino, en la mayoría de los casos, incluso las correspondientes al peso del forjado, por lo que requieren el apuntalamiento durante la construcción.

Se comportan como secciones compuestas, lo que obliga a cuidar aspectos como la transmisión entre ambos hormigones del esfuerzo rasante, aspectos que no tienen sentido en las viguetas, a las que se las comienza a designar como "resistentes" (en estas últimas existirá, naturalmente, cierta acción compuesta con el hormigón vertido, pero no es práctico considerarla porque ello obliga a plantear condiciones sobre la calidad de éste y la capacidad a rasante). La figura nº 6, tomada de Calavera [1] permite apreciar las diferencias.



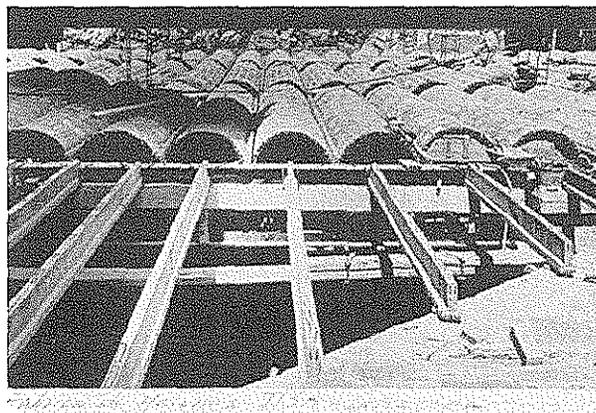
a) FORJADO DE VIGUETAS RESISTENTES CON BOVEDILLAS Y RELLENO DE SENOS



b) FORJADO DE SEMIVIGUETAS CON BOVEDILLAS Y RELLENO DE SENOS

figura nº 6

- El empleo de armaduras pretensas adherentes, desarrollado en grandes instalaciones industriales, permitió la fabricación económica y en grandes series de viguetas y, más usualmente, semiviguetas, que aprovechaban las ventajas de las secciones pretensadas. La fotografía nº 9 muestra una de las primeras realizaciones, en 1945.



fotografía nº 9

Desde los años 50 a los primeros 70 se produjo entre los prefabricadores una carrera, poco afortunada, en la reducción del coste directo. Se basaba en el ahorro de materiales y se concretaba en la reducción de espesores, el uso de bovedillas diseñadas para minimizar el volumen del hormigón in situ, evitar zunchados,...

Hubo que esperar al año 1973 para que, por primera vez, la Instrucción de hormigón armado, [19], impusiera la obligatoriedad de disponer una capa de compresión como la

mostrada en la figura nº 6 b), armada en dirección perpendicular a las viguetas. Ello permitía el reparto de las cargas concentradas, debidas fundamentalmente al apoyo de tabiquerías (construidas sobre la cara superior del forjado) o al apoyo imprevisto en las tabiquerías inferiores (si no se dejaba junta entre el borde superior de la tabiquería y la cara inferior del forjado). Este tipo de cargas había venido provocando daños en los solados y en las bovedillas por desplazamiento relativo de la vigueta cargada respecto a las aledañas (deformación en "teclas de piano", figura nº 7, tomada de Calavera).

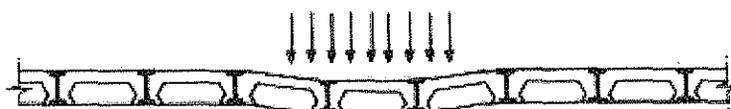
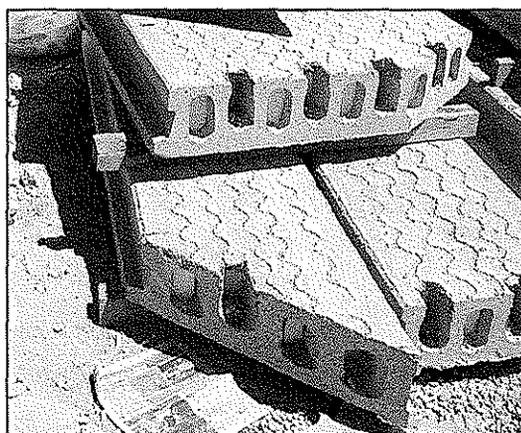


figura nº 7

También se obligaba a disponer zunchados perimetrales, se concretaba la necesidad de conectar las viguetas a la estructura, se especificaban valores mínimos de canto... Esta norma supuso un punto claro de inflexión en la calidad de los forjados.

Fue precisamente en esos años cuando aparecieron los forjados en π y las primeras placas alveolares (fotografía nº 10), soluciones que se justificaban por el incremento de las luces a salvar (que ya superaban los 6 metros), y por el aumento de la relación entre el coste de la mano de obra y el de los materiales, aumento que se había ido produciendo de forma constante durante los años precedentes y frente al que estos elementos resultaban menos penalizados que otras soluciones, ya que requerían menos labores in situ.



fotografía nº 10

Aunque ya en los años 80 parecía haberse llegado a la plena madurez del sector, al menos en cuanto a que cada solución de forjado había encontrado una aplicación preferente en la que su uso resultaba óptimo, aún habrían de producirse algunas crisis de cierta importancia, causadas por circunstancias ajenas a las puramente estructurales.

La preocupación por la seguridad en las obras llevó en los últimos años del siglo a la exigencia de tales medidas que, en la práctica, implicaban formación de un entablado completo (fotografía nº 11), lo que restaba competitividad a los forjados de semivigueta y bovedilla, soluciones hasta entonces muy ventajosas económicamente.



fotografía nº 11

Con todo, probablemente haya sido el progresivo endurecimiento de la normativa de incendios la que en los últimos años haya introducido los mayores condicionantes al sector, castigando, en general, a las soluciones pretensadas más esbeltas.

4. Luces y sombras

Como hemos señalado en el apartado precedente, la presencia de las soluciones prefabricadas en el sector de los forjados ha sido general y constante a lo largo de muchas décadas. Naturalmente, en un campo tan complejo como el de la edificación y a lo largo del

un periodo tan amplio, han sido muchos los agentes y las circunstancias que han condicionado el desarrollo del sector.

La Administración, en su función reguladora, ha sido quizás el más importante de los mencionados agentes. Ya en 1939 se publicó la primera Instrucción (norma de obligado cumplimiento) Española para estructuras de hormigón (figura nº 8). Desde entonces, y cada cinco años aproximadamente, se han ido sucediendo distintas revisiones en una evolución constante.

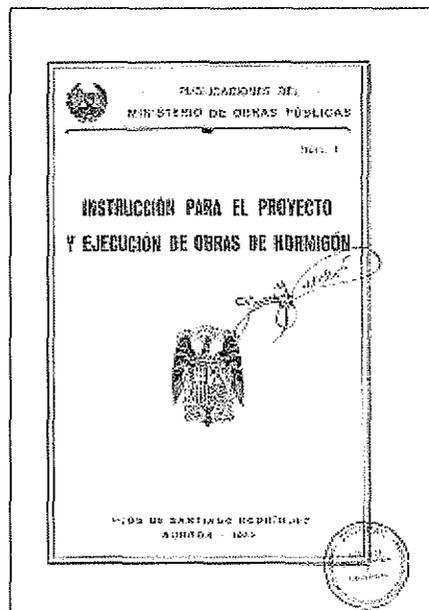


figura nº 8

Es curioso constatar como durante un largo período de tiempo hubo una clara tendencia a segregar la normativa en función de los distintos tipos estructurales (figura nº 9). Así, en 1977 se publica la primera Instrucción específica sobre hormigón pretensado, que sigue una evolución paralela a la de hormigón en masa o armado. En el mismo sentido, en 1980 aparece la primera norma específica de forjados, independizándose de la más general en la que habían sido considerados hasta entonces. Esta tendencia se ha invertido en los últimos años, según el principio de que se trata en todos los casos de simples aplicaciones del hormigón estructural.

También en los últimos años se ha planteado un proceso de convergencia de la legislación nacional con la europea, proceso que culminará en los próximos años con la adopción de esta última como obligatoria para todos los países que componen la Unión.

La Administración actuó también sobre el mercado a través de las "Autorizaciones de uso", que consistían en el visado por los organismos técnicos de la propia Administración de un documento normalizado (figura nº 10), denominado "Ficha de características Técnicas", que contenía los datos relevantes para el cálculo, la ejecución y el control del forjado.

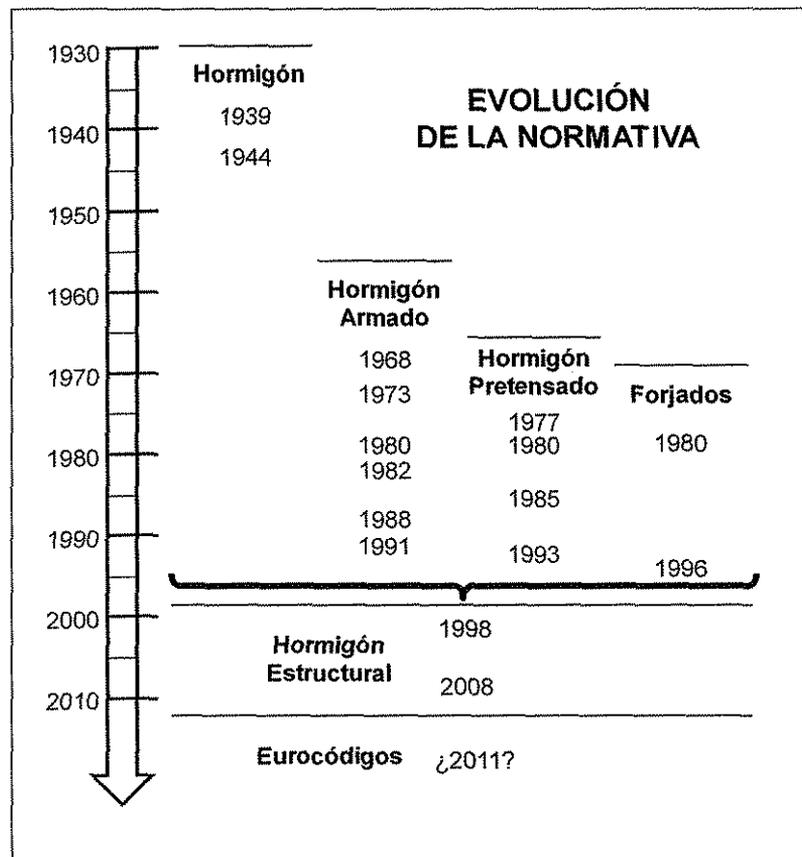


figura nº 9

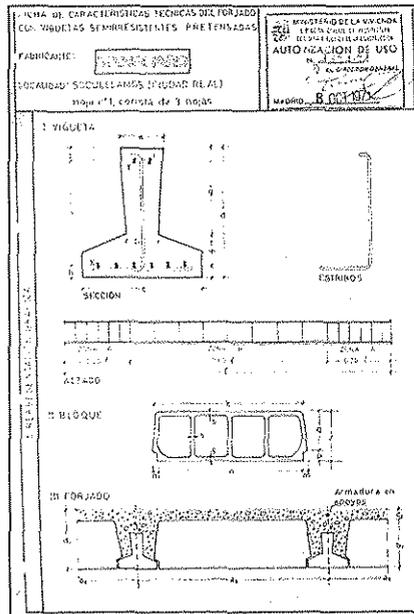


figura nº 10

El antecedente más claro en este sentido fue la publicación, en 1944 (figura nº 11), del listado de los tipos de forjados aprobados por la Administración, en una obra fundamental para entender las necesidades de la época. Así, ya en la introducción se indica:

... "Todos los sistemas presentados persiguen un mismo fin principal: el ahorro de material metálico mediante recurso a teorías y procedimientos distintos a los sistemas usados corrientemente ahora"...

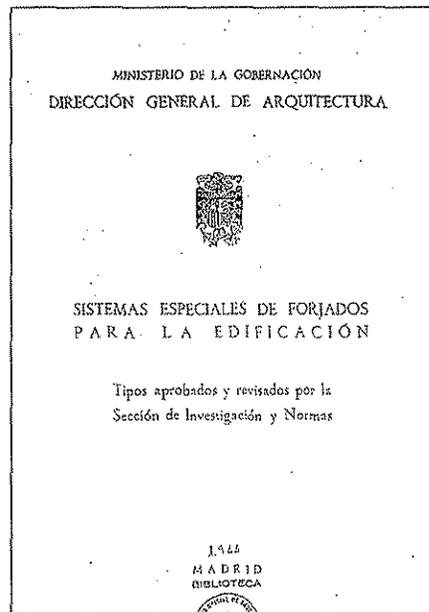


figura nº 11

En 1966 se publica el decreto que contiene los planteamientos básicos del sistema de Autorizaciones de Uso [11], planteamientos que se resumen en:

- Los sistemas de forjado que pretendan industrializarse tendrán que obtener previamente la correspondiente autorización de uso por parte de la Administración.
- La autorización por parte de la Administración se concreta en el visado de las Fichas de *características Técnicas*, que contienen toda la información relativa al sistema.
- El Fabricante se responsabiliza del cumplimiento de las características que figuran en la Ficha.
- En el proyecto de toda edificación figurarán los planos de las estructuras de pisos y cubiertas y la definición de las características a cumplir en cada zona.
- El Constructor puede proponer al Director de la obra cualquier sistema de forjado que disponga de autorización de uso.

Esta medida trataba de impulsar la racionalización de todo el proceso constructivo, tanto en lo que se refiere al proyecto como a la ejecución y el control. Ya no era necesaria la justificación numérica, compleja y tediosa, de cada tramo de forjado, sino que el Autor del proyecto se limitaba a especificar las prestaciones necesarias y el Constructor seleccionaba

en cada caso el sistema más ventajoso de entre los que cumplían tales prestaciones, algo de lo que se responsabilizaba el Fabricante y comprobaba el Director de la Obra. También se simplificaban las tareas de montaje y ejecución y el correspondiente control, toda vez que las fichas contenían la especificación clara de la geometría y disposición de cada elemento, de la cantidad y situación de los apoyos provisionales, etc.

Desafortunadamente, la aplicación práctica de la idea no resultó tan positiva. No todos los fabricantes pudieron mantener el nivel de calidad al que les comprometía la Autorización (ni la Administración dispuso los medios necesarios de vigilancia). Tampoco los Constructores supieron en todos los casos valorar la idoneidad de cada alternativa, limitándose a optar por la más económica. Precisamente uno de los efectos perversos del sistema de Autorizaciones de Uso fue el soporte que proporcionó a la idea, claramente interesada, de que todos los sistemas que disponían de una de ellas resultaban igualmente aceptables y que, por tanto, no tenía sentido otra elección que la más económica (Calavera, [12]).

Los documentos de Autorización de Uso han sido sustituidos muy recientemente por el marcado CE (en el caso de las viguetas, el 1 de enero de 2011), marcado que indica que el producto que lo posee se somete a un proceso de certificación específico, esto es:

- Que ese producto alcanza las prestaciones mínimas establecidas en las normas establecidas por los Organismos Europeos que le son aplicables
- Que, para asegurar que efectivamente se alcanzan esas prestaciones, el producto ha sido objeto de un sistema de verificación de la conformidad conforme a la Directiva Europea.

En el caso concreto de los prefabricados el sistema de verificación exige que el Fabricante realice un ensayo inicial, previo al inicio de la producción, que establezca un control de producción en la fábrica (que ha de ser certificado por un organismo independiente, autorizado por la Administración) y que realice ensayos adicionales en la fábrica. Sólo en ese caso el Fabricante puede emitir el documento de conformidad de su producto y proceder a su marcado.

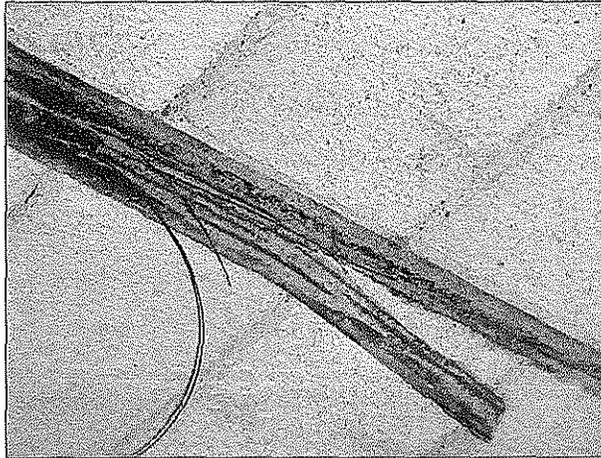
Con independencia de los esfuerzos reguladores desarrollados por la Administración, probablemente hayan sido las convulsiones económicas las que más directamente han condicionado el sector. En épocas de expansión económica el mercado asimilaba cualquier

producto, fuese o no adecuado. En algunos casos se trataba de sistemas de mala calidad que encontraban salida por el simple hecho de existir en un momento en el que era necesario construir a cualquier precio. Tampoco las épocas de crisis aseguraban la selección de los mejores fabricantes, lastrados por la necesidad de amortizar instalaciones más modernas o mantener el mejor equipo técnico.

Un ejemplo de los problemas que surgen en los periodos expansivos es el derivado del uso de cementos aluminosos. Este tipo de cemento se utilizó en España entre los años 50 y 70, lo que resulta sorprendente porque ya entonces se tenía constancia de los problemas a que había dado lugar en otros países. Ello era debido a que los hormigones en los que se utilizaba alcanzaban la resistencia necesaria para desmoldear con mayor rapidez que los convencionales, lo que compensaba un precio superior.

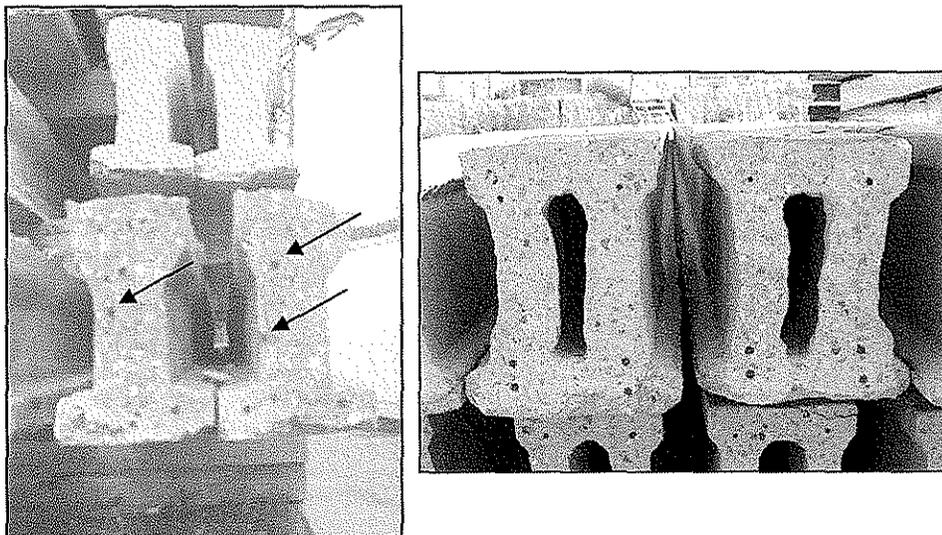
El problema es que, con posterioridad, se han identificado distintos mecanismos de daño en los elementos en los que se emplea este cemento. Básicamente se trata de la reconversión cristalina, la hidrólisis alcalina y la carbonatación (Calavera, [4]). La consecuencia es una pérdida de resistencia del hormigón y, lo que es más grave, de la capacidad de proteger el acero. De hecho, el mecanismo directo de fallo más habitual ha sido la corrosión de las armaduras y derivó en algunos casos en la ruina del forjado (fotografía nº 12) o, incluso, del edificio.

El problema sólo se puso de manifiesto a finales de los años 80 y afectó a un parque muy importante de viviendas (del orden de 300.000, según las estimaciones más fiables). Las repercusiones económicas fueron tan importantes que la Administración llegó a subvencionar parcialmente el coste de la rehabilitación, rehabilitación tan por otra parte tan generalizada que permitió el desarrollo de numerosos sistemas, parcialmente avalados por la propia Administración, para el refuerzo de los forjados afectados.



fotografía nº 12

La citada necesidad de producir a cualquier precio en las épocas de expansión económica está también en la raíz de los problemas de calidad en la fabricación que tanto daño hicieron al sector. La fotografía nº 13 corresponde a casos recientes y muestra ejemplos extremos del problema (obsérvese el desplazamiento de las armaduras señaladas).



fotografía nº 13

Mucho menos importante, pero igualmente representativo de los “*problemas de crecimiento*” es el que afectó a las bovedillas cerámicas. La fabricación inadecuada y la rápida puesta en obra ha provocado frecuentes roturas de los fondos (fotografía nº 14), cuya dilatación queda impedida en el forjado construido.



fotografía nº 14

Con todo, probablemente el aspecto que más dañó la imagen de los forjados prefabricados fue el asociarlos, de forma no totalmente justa, a los problemas derivados del exceso de flecha, que se manifestaban básicamente en los acabados y particiones: fisuración de tabiques, desajustes de la carpintería, en las puertas,...(fotografía nº 15).



fotografía nº 15

Entre los años 60 y 80 confluyeron una serie de circunstancias especialmente desafortunadas en este sentido:

- Una regulación local poco afortunada justificó la reducción del espesor de los forjados, que se llegaron a plantear con cantos del orden del 60% de los que hoy en día se considerarían admisibles.
- La progresiva disminución del canto de las vigas, que acabó en ya citadas "vigas planas" (figura nº 12, tomada de Calavera). Evidentemente, se trata de una solución más flexible desde el punto de vista arquitectónico ya que facilita la distribución de las particiones, pero implica una gran reducción de la rigidez.

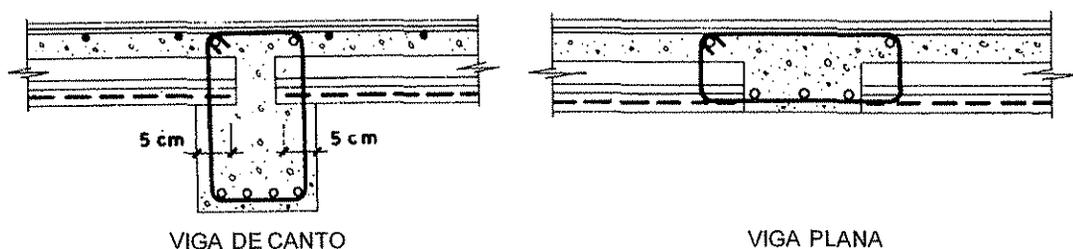


figura nº 12

- El aumento de las luces libres. Las transformaciones sociales de los años 60 y 70 se reflejan en la edificación y se concretan en la exigencia de una mayor amplitud de espacios, con el consiguiente incremento de las luces.
- La modificación de los procedimientos constructivos. Si en épocas precedentes era tradición "construir la estructura de abajo hacia arriba y los tabiques de arriba hacia abajo" (González Valle, [13]), esto se hacía ya incompatible con los ritmos de construcción exigidos: las tabiquerías se empezaban a construir en cuanto la planta quedaba libre. Como, además, la distribución de mantenía en todas las plantas, los tabiques se convertían en elementos resistentes por los que bajaban las cargas gravitatorias. Cualquier discontinuidad (por ejemplo, la que representaba la planta baja, normalmente exenta) hacía entrar el tabique en flexión, con las consiguientes roturas en zonas traccionadas (figura nº 13).

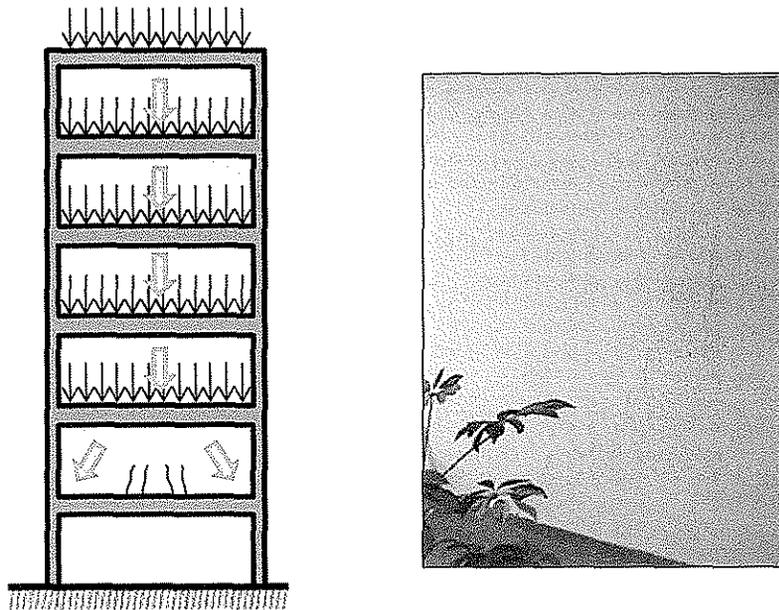


figura nº 13

Los daños se generalizaron durante los años 70 y 80 hasta el punto de justificar soluciones que en lugar de dirigirse a la causa de los daños, la evidente falta de espesor de la estructura horizontal –vigas y forjados-) se limitaban a minimizar éstos mediante actuaciones que, en ocasiones, eran puramente cosméticas. La figura nº 14 (tomada de las normas tecnológicas del Ministerio) responde a la configuración habitual de los falsos techos y muestra la junta dispuesta entre el propio falso techo y el tabique, destinada a evitar daños al moverse uno respecto al otro. Para los propios tabiques se aconsejaba la disposición de una vigueta que lo recogiera en su borde de apoyo, el armado de las primeras hiladas (Lozano, G. [7]) o, incluso, la disposición de éstas en arco (González Valle, E. [14]).

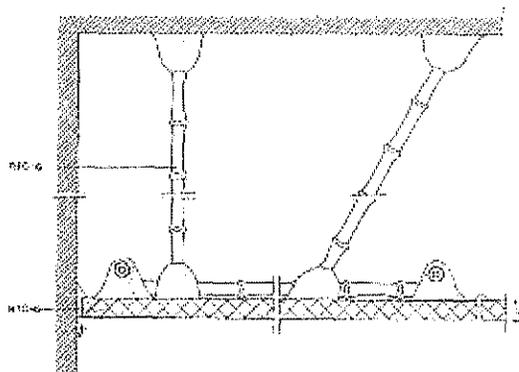


figura nº 14

5. Conclusiones

A lo largo de los apartados precedentes se ha tratado de resumir la evolución del sector de los forjados prefabricados de hormigón y las circunstancias en las que se desarrolló. Como siempre ocurre, esta evolución no puede entenderse si no es en el contexto general de la sociedad en la se produce, sus necesidades y sus problemas. De hecho, si hubiera que señalar uno de los factores que en mayor grado condicionó el sector, probablemente tendríamos que referirnos al carácter extremo de los ciclos económicos (que en España se amplifican debido al fuerte peso de la construcción en la economía).

Precisamente en estos últimos años el sector está atravesando un momento particularmente complicado: La construcción ha caído en nuestro País de tal forma que hemos pasado bruscamente de unos niveles de actividad que superaban en mucho a los de cualquier otro Estado a la práctica inactividad, cambio difícil de encajar en un sector que, por su carácter industrial, requiere en mayor grado de cierta regularidad. Confiamos en que, como en anteriores ocasiones, los Fabricantes sabrán adaptarse a esta nueva situación y superarla.

6. Referencias

Bibliografía

1. Asociación para la investigación y desarrollo de las placas alveolares (AIDEPLA). *Manual AIDEPLA*. MADRID 2004.
2. Burgos Núñez, Antonio. *Los orígenes del hormigón armado en España*. Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento. MADRID 2009.
3. Calavera, José. *Cálculo, construcción, patología y rehabilitación de forjados de edificación*. 5ª edición. Edit. INTEMAC. MADRID 2002.
4. Calavera, José. *Patología de Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado*. 2ª edición. Ed. INTEMAC, 2005.
5. Calavera, José. *Proyecto y cálculo de estructuras de hormigón (en masa, armado y pretensado)*. 2ª edición conforme a EHE-08. Edit. INTEMAC. MADRID 2008.

6. Calavera, José; Fernández Gómez, Jaime. *Prefabricación de edificios y naves industriales*. Monografías INTEMAC. Edit. INTEMAC. MADRID. 1999.
7. Lozano Apolo, Geronimo. *Forjados y Losas de piso (vol. 1 y 2)*. Edit. G.L.A. GIJÓN 1977.
8. Moral, Fernando. *Hormigón Armado*. 2ª edición. Edit. Dossat MADRID 1942.
9. Regalado Tesoro, Florentino. *Los forjados en los edificios: Pasado, presente y futuro*. Edit. CYPE Ingenieros. ALICANTE 1999.
10. Rodríguez Martín, Luis Felipe. *Forjados*. 3ª edición. Edit. Fundación Escuela de la Edificación. Universidad Nacional de Educación a Distancia. MADRID 2005.
11. Saliger, Rudolf. *El Hormigón Armado. Materiales, cálculo y formas constructivas*. 2ª edición. Edit. Labor. 1963.

Artículos

12. Calavera, José. Forjados. *El estado de la cuestión*. Separata nº 15. Informes de la construcción nº 328. Marzo 1981
13. González Valle. *La flexibilidad de los forjados de hormigón armado de edificación: evaluación de la situación actual*. Separata nº 20. Informes de la construcción nº 343. Septiembre 1982
14. González Valle. *Actuaciones en tabiquerías sobre forjados deformables*. Comunicación interna. INTEMAC 1990.

Normativa

15. *Directiva Europea 89/106/CEE relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros sobre los productos de construcción*. Diario Oficial de las Comunidades Europeas. 1989.
16. Ministerio de la Gobernación. Dirección General de Arquitectura. *Sistemas especiales de forjados para la edificación*. MADRID 1944.

17. Ministerio de Obras Públicas. *Instrucción para el proyecto y ejecución de obras de hormigón*. BURGOS 1939.
18. Presidencia del Gobierno. *Decreto 124/1966 de 20 de Enero sobre fabricación y empleo de elementos resistentes para pisos y cubiertas*. B.O.E. MADRID 1966.
19. Presidencia del Gobierno. *Instrucción para el proyecto y ejecución de obras de hormigón en masa o armado EH-73*. MADRID 1973.
20. Presidencia del Gobierno. *Real Decreto 1630/1980 de 18 de julio sobre fabricación y empleo de elementos resistentes para pisos y cubiertas*. B.O.E. MADRID 1980.