

# Algunas notas sobre la elaboración de la EF-96

ANTONIO DE LAS CASAS GÓMEZ (\*)

**RESUMEN** Se trata en el artículo de hacer un recorrido por la nueva versión de la Instrucción sobre los forjados, indicando los principales cambios introducidos y aquellos aspectos que a mi juicio han quedado sin resolver.

## NOTES ABOUT THE ELABORATION OF THE EF-96

**ABSTRACT** *The present article examines the new version of the Norm about Slabs, pointing out the main changes that have been introduced in it, as well as those aspects that, in the author's opinion, have remained unresolved.*

**Palabras clave:** Forjados; Losas alveolares; EF-96.

## 1. INTRODUCCIÓN

El año 1992 la Comisión Permanente del Hormigón (CPH) aborda la tarea de revisar la norma de forjados EF-88 de la misma forma que periódicamente se revisan todas las normas de ella dependientes. Para ello se crea un grupo de trabajo dirigido por D. Gonzalo Ramírez Gallardo, a la sazón Subdirector General de Normativa y tecnología de la edificación y miembro de la CPH y compuesto por cuatro Ingenieros de Caminos y cuatro arquitectos. Los miembros de la misma prestan sus servicios en el propio Ministerio o en instituciones oficiales de investigación, I.N.C.E., CEDEX o Instituto Torroja, salvo un representante de ANDECE que presenta los puntos de vista de las industrias de prefabricados. Son notables la falta del mundo universitario, los técnicos de grado medio, y los implicados directamente en el proyecto y obra.

Para comenzar el trabajo se pidieron sugerencias a cerca de cuarenta organismos e instituciones, recibiendo una escasa respuesta que no pasaba de unas líneas con alguna indicación puntual, con la sola excepción de D. Javier Lahuerta que envió, elaborado por el Departamento de la Universidad de Navarra que dirige, un texto alternativo completo de la misma, con explicaciones pormenorizadas de los cambios introducidos y las razones que a ello les habían movido. Durante el proceso de elaboración ha habido algunas otras colaboraciones estimables.

El sistema de trabajo resultó muy premioso por lo que la tarea se ha extendido, incluido el trabajo del grupo, la recogida de las aportaciones de los miembros de la CPH, y las preceptivas consultas a Bruselas, a lo largo de 4 años, llegando a su fin a finales de 1996, siendo publicada en el B.O.E. del 22 de enero de 1997 con el nombre de Instrucción para el Proyecto y Ejecución de Forjados unidireccionales de hormigón armado y pretensado, EF-96, entrando en vigor el 22 de marzo de 1997. La norma no afecta a las obras en mar-

cha ni a las que tengan el proyecto visado, siempre que las obras se inicien antes del 22 de marzo de 1998.

En el trabajo del grupo se echó de menos en algún momento la participación de técnicos más cercanos a la obra que aportaran una visión realista de los problemas y con carácter general una mayor participación de instituciones o estudiosos.

Valga la anécdota para hacer una reflexión sobre la conveniencia de conseguir unos métodos de trabajo a la vez más ágiles y participativos que sin duda irían en beneficio de las normas elaboradas y serviría para atender las necesidades del mundo de la construcción de un modo más eficaz.

El punto de partida, la EF-88 es la primera Norma específica de forjados que se forma en su momento desgajándose de la EH y EP, recogiendo unos pocos párrafos de las mismas y añadiendo algunos de nueva redacción. Ello implica que se trate de una Norma claramente subsidiaria de aquellas que estaban en su origen y a las que hacía referencia constante a lo largo del texto. Este origen la convertía en una norma bastante inconexa tanto en su articulado como en su contenido, con numerosas deficiencias que parecía conveniente abordar.

Enfrentados con el encargo de revisar la misma, se planteó la duda entre llevar a cabo una revisión de la norma conservando su estructura o proceder a la elaboración de una completamente nueva partiendo casi de cero. Finalmente se optó por la primera postura entre otros motivos a la espera de la nueva orientación que se aproxima en las normas de hormigón, entre otras cosas con la refundición de la EH y la EP en una sola norma y su adecuación a los Eurocódigos.

Dado este carácter de provisionalidad pareció conveniente conservar lo más posible de la Norma anterior con la idea de que ello facilitaría su estudio por los técnicos no especializados que, previsiblemente, dedicarán sólo unos momentos a estudiar la nueva norma y para los que su comprensión se facilitaría conservando la estructura de la anterior. Es cierto que ello tal vez tenga el problema de que en algún caso se pueda pensar que no han cambiado nada las cosas, al realizar la lectura y pasar inadvertidos los cambios introducidos. Sirva este artículo para indicar a estos lectores aquellos puntos que pueden resultar de mayor interés y aquellos aspectos nuevos que se han introducido en la misma.

(\*) Gerente del Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo (CEHOPU), CEDEX (Ministerio de Fomento).

Tal vez la primera crítica que haya que hacer a la EF es su carácter parcial por contemplar solamente algunos de los tipos de forjados, dejando fuera otros muchos, alguno de los cuales de uso bastante común entre nosotros, como serían los forjados reticulares o los hechos a base de placas metálicas grecadas y una capa de hormigón, y otros menos comunes entre nosotros pero de uso muy frecuente en otros países como podrían ser las losas macizas, las prelasas o las losas pretensadas con armaduras postesas. Aunque la norma actual cubra un tanto por ciento importante de los forjados que se construyen, parecería conveniente que en un futuro, si se conserva una norma específica para los forjados, independiente de la general de hormigón, se intentase incluir en ella todos los tipos más usuales, ya que por un lado se evitarían vacíos existentes en la actualidad y por otro podrían eliminarse ciertas incoherencias derivadas del hecho de tratarse temas afines en normas diferentes.

Conviene indicar que en la presente Norma se tratan solamente los aspectos estructurales de los forjados dejando fuera por tanto aspectos de gran importancia como son los temas relacionados con la resistencia al fuego, para los que hay que acudir a la C.P.I. y los temas relacionados con el aislamiento acústico o su utilización en zonas sísmicas para los que hay que acudir a la normativa específica.

## 2. MODIFICACIONES GENERALES

Tal vez la novedad más importante introducida en la EF-96 sobre la versión anterior, es la incorporación de una forma explícita de las losas alveolares pretensadas. Es cierto que en el apartado 1º de la EF-88, en la figura 1.2.b, aparecía entre otros tipos de forjado las losas alveolares, por lo que debía interpretarse que las mismas estaban incluidas en la misma, pero no se hacía ninguna otra mención a ellas. En la versión actual las losas se incluyen de una forma más completa, apareciendo en casi todos los apartados de la misma consideraciones particulares sobre ellas y fórmulas aplicables a las mismas.

La razón de haber introducido este tipo de forjado en la nueva norma, se debe a que es un sistema con un uso creciente en determinados tipos de edificios y que, de acuerdo con la práctica más usual en otros países europeos, seguramente su utilización será cada vez más frecuente en un futuro cercano. Sin embargo, en línea con la tradición de las normas españolas, no parecía conveniente ni coherente plantear una nueva norma específica para las mismas, sino incluirla en la existente de forjados unidireccionales. Ello además permitía contar con normativa sobre este tipo de forjado, ya bastante usual, mientras que haber optado por una norma nueva específica, en caso de haberse realizado, hubiera supuesto un período de elaboración seguramente muy dilatado.

Con carácter general al revisar la norma se ha hecho un intento de eliminar las incoherencias más flagrantes existentes en la anterior versión, completar las referencias a la EH y EP y respetar el carácter diferente que deben tener el articulado y los comentarios.

Por último en la nueva EF-96 se han pasado todas las unidades al Sistema Internacional como se está haciendo con todas las normas, y ello lleva consigo una modificación de todas aquellas fórmulas no homogéneas.

## 3. FORJADOS CON VIGUETAS ARMADAS O PRETENSADAS

Aunque en la Norma EF-96 no se haya hecho una separación entre los forjados de viguetas y las losas alveolares, para este

artículo parece preferible hacerlo de esta forma ya que en los forjados de viguetas se trata de una reforma bastante pequeña de la norma anterior; en la mayor parte de los casos, mientras que para las losas alveolares se trata de un tema completamente nuevo en la misma, al que por tanto vale la pena dedicar una atención especial.

Los límites dimensionales establecidos en el Apartado 1 son los mismos que se contemplaban en la Norma anterior salvo el límite inferior del canto, que aquella establecía en función de la luz, que ahora queda suprimido. La tabla de cantos mínimos que se incluye en esta nueva versión de la Norma tiene un sentido completamente diferente que ya indicaremos más adelante cuando hablemos del canto mínimo y de la flecha de los forjados. La norma EF-88 había contemplado el tema del canto mínimo de forma diferente a las anteriores EH y al parecer del Grupo de Trabajo de forma poco clara y que por ello se prestaba a una interpretación equivocada, ya que estar por encima del mismo no garantizaba encontrarnos en un canto adecuado, aunque teníamos la impresión de que esta era la lectura que se hacía en muchos casos.

La obligación del fabricante de solicitar la Autorización de Uso se conserva en la nueva versión pasando la misma del Apartado 10 al 1, pero manteniendo el mismo sentido. No se ha entrado al redactar la Norma, en la problemática de la situación actual y futura de la Autorización de Uso, por no considerarse el lugar apropiado.

En el apartado 2, al tratar del acero, se hacen algunas modificaciones admitiendo el uso de los alambres corrugados en las celosías, entendiéndose que estas se asimilan a una malla electrosoldada, lo cual no significa sino legalizar una práctica casi común entre los fabricantes. Se mantiene sin embargo la prohibición de su uso como barras aisladas dadas las especiales exigencias de ductilidad que se consideran en las armaduras pasivas de los forjados.

Se admite en el Apartado 3, de forma explícita, la utilización de piezas de entevigado de poliestireno, exigiendo que sean autoextinguibles.

En el Apartado 4 se disminuye la cuantía mínima obligatoria en las viguetas que estaba claramente supervalorada en la Norma anterior. Se exige por contra que un tercio de la armadura total llegue hasta el extremo de la viga, en lugar de un cuarto que se admitía antes cuando el extremo de la viga estaba en continuidad, ya que esto exigía que cuando una viga hubiera de ser colocada en un vano extremo, debería llevar marcado qué extremo tenía continuidad y cuál no, lo que parecía una exigencia poco realista y difícilmente comprobable en la obra.

Para evitar la práctica, bastante generalizada, de usar unas celosías claramente menores que el canto del forjado, se exige ahora que el redondo superior de la misma esté situado a 4 cm de la cara superior del forjado, exigencia que parece razonable aunque tal vez resulte difícil su cumplimiento estricto, por haber fijado una distancia excesivamente pequeña.

La armadura de negativos puede estar constituida por una sola barra en lugar de las dos que se exigía en la redacción anterior.

La armadura de reparto, que en la norma anterior debía tener una separación máxima de 30 y 50 cm., según se tratase de la dirección perpendicular o paralela a la de las viguetas, queda ahora fijada en los 35 cm en ambas direcciones, siendo la cuantía la misma que antes se exigía, tanto para la dirección perpendicular a las mismas como para la paralela.

En el Apartado 5, que trata de las comprobaciones que se deben realizar antes de proceder al hormigonado del forjado, se ha introducido, en consonancia con lo exigido en la EH, la

mayoración de las cargas actuantes durante la construcción con un coeficiente de 1,25, mientras que en la versión anterior no había que mayorarlas.

En los comentarios al 5.2 se hace una llamada de atención sobre la comprobación de tensiones en las piezas autoportantes con una capa de hormigón colocado en obras que debe hacerse con secciones diferentes según se realice antes o después de tener la sección completa y que en determinados casos puede resultar más exigente en fases provisionales que con el forjado totalmente ejecutado.

En el Apartado 6, referente al cálculo del forjado, con la intención de favorecer el uso de sistemas de forjados avalados por un sello de calidad, se permite disminuir en estos casos el coeficiente de mayoración de cargas en 0,1 en los forjados de viguetas y en 0,15 en las losas alveolares, dado que el nivel de prefabricación en las mismas es más elevado. En el mismo sentido se considera que, en los forjados totalmente ejecutados en obra, el nivel de control a considerar, "salvo condiciones particulares", será el de control reducido, dada la dificultad de realizar en los mismos un control exhaustivo de la colocación de las armaduras.

En los cálculos del forjado se ha impuesto la obligatoriedad de hacer la alternancia de cargas en los vanos contiguos que antes no era obligatoria.

Resulta una novedad la tabla de coeficientes, que se incluye para valorar la transmisión transversal de cargas puntuales o lineales paralelas a las viguetas, que permite valorar los casos más elementales y además llama la atención de un fenómeno que antes no se contemplaba y que puede y debe tenerse en cuenta. Lógicamente para casos menos usuales o de mayor importancia, deberá recurrirse a sistemas de cálculo más complicados. Igualmente se indica la armadura adicional de reparto que deberá colocarse en estos casos en la capa de compresión del forjado.

En cuanto a los sistemas de cálculo para la obtención de las solicitaciones se admiten con carácter general los mismos que se contemplan en la norma anterior a saber, el cálculo lineal como viga continua con inercia constante, la redistribución de esfuerzos que se contempla con carácter general en otras estructuras con un máximo del 15% y el método específico que se contemplaba en la EF-88 que se conserva con pequeñas modificaciones en la nueva norma aunque pasa del articulado de la misma a los comentarios.

No obstante se exige que todo nervio soporte al menos el 50% del esfuerzo que tendría como vano isostático, lo cual en cierto sentido inclina la balanza hacia el tercero de los métodos antes indicados. El sentido que se ha querido dar a esta exigencia es el de tener en cuenta que la continuidad entre las viguetas contiguas, que teóricamente es tan clara, en la realidad de la obra no siempre se ejecuta debidamente y parece prudente por tanto introducir este margen de seguridad.

Se hace una llamada de atención sobre el fenómeno bien conocido, aunque difícil de cuantificar, de la transmisión de cargas de unos forjados a otros a través de la tabiquería y que ocasiona frecuentes problemas en los casos de forjados demasiado flexibles con las plantas inferiores diáfanas o con menos tabiques que los pisos superiores, como garajes, locales comerciales o espacios libres.

Se traslada a este apartado un método simplificado para el cálculo de las armaduras de negativos que antes se encontraba en el Apartado 7 que se puede utilizar para muchos de los casos más frecuentes.

El estado límite última bajo solicitaciones tangenciales ha quedado prácticamente como estaba a pesar de que las formulaciones son claramente insatisfactorias, pero el equipo de trabajo ha sido incapaz de encontrar, dentro del tratamiento

que el tema recibe en la EH, una solución más acorde con la realidad. El resultado de numerosos ensayos realizados da unos valores de resistencia a esfuerzos cortantes claramente superiores a los obtenidos por el cálculo. Solo indirectamente cambia la situación al admitirse usar para las viguetas pretensadas las fórmulas propuestas para las losas alveolares, cuando el momento es menor que el momento de descompresión. Parece conveniente que en próximas revisiones de la EH y EF se abordase este problema en profundidad para llegar a una solución más satisfactoria.

Aunque solamente se dan fórmulas para su cálculo en el caso de losas alveolares, otra novedad de esta Norma es el dedicar un apartado al estado límite de punzonamiento.

Seguramente uno de los aspectos de mayor importancia práctica de esta nueva versión de la EF, es la nueva tabla para calcular el canto que debe tener un forjado que aparece, igual que en versiones anteriores a la EF-88, en el apartado dedicado al cálculo de la flecha. Es bien sabido que la elección de un canto adecuado en los forjados es una decisión de gran importancia y en ella la consideración de la flecha es más importante que las propias condiciones de resistencia.

También en este punto, sin embargo, las novedades puramente técnicas son mínimas ya que se conservan, tanto los límites que deben tener las flechas calculadas, como las fórmulas utilizadas para este cálculo, aún a sabiendas que estas son claramente insatisfactorias. De acuerdo con la EH y EP se sigue incluyendo como método de cálculo la fórmula de Bramson, a pesar de que esta nace de unos supuestos muy diferentes de los presentes en un forjado de viguetas, armadas o pretensadas, con una parte prefabricada y otra hormigonada en obra. Si por otro lado tenemos en cuenta la dificultad de cuantificar las distintas variables que influyen en la flecha de un forjado, tanto las derivadas del proceso productivo, como las de retracción y fluencia del hormigón, llegamos a la conclusión que pueden obtenerse valores con una gran dispersión, pero que, sin embargo, sigue siendo éste uno de los motivos de patología más frecuentes en los edificios y que cuando se presentan tienen más difícil solución.

Por todo ello, partiendo del hecho de que la elección del canto del forjado es la variable fundamental para controlar la flecha, se ha optado por volver a la consideración que el tema recibía con anterioridad a la EF-88, esto es, proporcionar una tabla para calcular los cantos que esté claramente del lado de la seguridad y que ahorre, para los casos más usuales, el cálculo de la flecha. La tabla que se incluye en la versión anterior, por el contrario, como ya indicáramos, lo que decía es que por debajo de esos cantos se estaba fuera de la norma, lo cual estrictamente no significaba sino que debía contemplarse de acuerdo con la EH o la EP. Es más que probable, no obstante, que la lectura que de la misma hacían muchos técnicos, era sencillamente utilizar los cantos que proporcionaba esa tabla, sin entrar en mayores disquisiciones.

La tabla incluida se elaboró partiendo de la que aparecía en la EF-88 y de las que aparecen en otras Normas con el ACI, BS, BAEL y EUROCODIGO, aún teniendo en cuenta que se refieren a cuestiones parecidas, pero no completamente iguales. Contamos para su elaboración con la espléndida ayuda de una encuesta que en ese momento realizó un Grupo de Trabajo del GEHO. Esta encuesta, que se realizó entre los diversos agentes que intervienen en la construcción, ponía de manifiesto una sorprendente dispersión de las respuestas, que dejaba bien claro el desconcierto existente en tema de tanta trascendencia práctica.

Aunque el campo de la tabla propuesta se limita a los forjados de luz menor que 7 m y sobrecarga menor de 300 kg/m<sup>2</sup>, se propone una fórmula para hacer pequeñas correc-

ciones cuando la luz es mayor o menor de 6 metros y la carga total mayor o menor que  $700 \text{ kg/m}^2$ , que, aunque no permita extrapolar sin más sus valores fuera de los límites indicados, permite tener una idea de la evolución del mismo ligeramente fuera de estos símilos.

Evidentemente la tabla no contempla aspectos de suma importancia en el valor que realmente tendrá la flecha en un forjado determinado y que por tanto deberán ser tenidos en cuenta a la hora de tomar una decisión concreta, como son principalmente la secuencia de luces que pueda existir y las condiciones de construcción concretas. En la Norma se pretende dar respuestas válidas para los casos más generales y no contemplar toda la casística posible.

#### 4. LOSAS ALVEOLARES PRETENSADAS

Como queda dicho la inclusión en esta Norma de las losas alveolares pretensadas constituye una de las novedades más importantes de la EF-96.

La razón de haber incluido este tipo de forjado y no otros, cuya ausencia también se deja notar, es porque las losas alveolares están siendo utilizadas cada vez más frecuentemente en cierto tipo de edificios, como viviendas adosadas, edificios comerciales y de oficinas, aparcamientos y alguno otro, adquiriendo ya una presencia que parecía necesario tener en cuenta. Con ello no deja de manifestarse la necesidad de, en futuras actualizaciones, contemplar la conveniencia de incluir también otros tipos de forjados como las losas pretensadas con armaduras postesas, las prelosas, losas macizas, forjados reticulares o los formados por una capa de hormigón sobre una placa metálica grecada.

En el Apartado 1º se introducen las losas alveolares pretensadas que, de acuerdo con la redacción del mismo, pueden utilizarse con o sin capa de hormigón colocado en obra, aunque la redacción del mismo deja intuir la conveniencia de usarse con ella, pero permite que se prescindiera de la misma. No parecía lógico obligar su uso, cuando en la mayoría de los países de nuestro entorno se pueden utilizar sin ella, pero, al menos para cuando se trata de forjados transitables, parece que su uso resulta conveniente y por ello lo que se dice es que "puede prescindirse de la losa superior mediante un estudio especial".

Las losas alveolares son un tipo de forjado que tiene muchas ventajas frente a los sistemas utilizados tradicionalmente en España y también algunos inconvenientes.

Entre las ventajas podemos citar el ser un sistema con una mayor participación de elementos prefabricados y por tanto con menos utilización de mano de obra "in situ", con las ventajas que ello supone de mejor control de calidad y rapidez de construcción. Su fabricación resulta bastante más complicada que la fabricación de simples viguetas, por lo que, en principio, solamente pueden realizarse en empresas de mayor envergadura y por tanto con mayores medios técnicos y de control de calidad. Por otro lado sus propias características hacen difícil, por no decir imposible, introducir ciertos defectos en su fabricación, ya que, por ejemplo, no permite ni utilizar un hormigón de mala calidad ni disminuir indebidamente la cantidad del mismo afinando en exceso el espesor de las paredes, ya que no serían capaces de resistir los esfuerzos producidos en el momento de cortar los cables.

Con las losas pueden cubrirse luces claramente superiores a las que pueden cubrirse con los sistemas tradicionales de vigueta y bovedilla, pudiendo alcanzarse fácilmente luces de 15-16 metros, situándose en la Norma como límite superior los 20 metros de luz que resultan de momento difícilmente alcanzables.

En consonancia con lo anterior, los cantos precisos en este tipo de forjados para luces iguales, son claramente inferiores a los necesarios en forjados de viguetas.

Otra clara ventaja de las losas alveolares es que disminuye el problema de las flechas, e incluso podría decirse que desaparece, bien es cierto que para determinados usos lo que puede ocasionar problemas es precisamente la contraflecha producida por el pretensado.

Por último tiene la clara ventaja de no precisar apuntalamiento ninguno para su montaje lo cual hace que, aunque en principio sea un sistema más caro, en una valoración más precisa, teniendo en cuenta la disminución de los medios auxiliares precisos y la mayor rapidez de construcción, el aumento de costo sea menor del existente en un principio.

Por el contrario, también presenta algunas claras desventajas: la primera de ellas sería el ser un sistema menos flexible que los tradicionales, que por lo tanto presenta mayores problemas para su utilización en edificios de formas irregulares y su uso en edificios de viviendas exigiría seguramente un cambio de mentalidad muy notable que afectaría desde las normas urbanísticas, hasta los métodos constructivos, pasando claramente por exigir una forma diferente de proyectar y construir, teniendo en cuenta la implantación de las instalaciones desde el momento del proyecto.

Aunque no pueda excluirse de forma absoluta, en principio el sistema es poco adecuado para su uso con vigas planas, lo cual va claramente en contra de la forma de construir más generalizada en los últimos tiempos en los edificios de viviendas y que evidentemente no resultará fácil por lo mismo su implantación en los mismos.

Para el fabricante tiene el inconveniente de no poder realizar stock ya que debe realizarse a medida, al contrario de lo que ocurre con los forjados de viguetas, por resultar prácticamente imposible, tanto la reducción de la longitud, como su ampliación.

En la definición de lo que es una losa alveolar pretensada que aparece en el Apartado 1, cabe señalar como condición necesaria de las mismas, que sus juntas laterales estén diseñadas de tal forma que en ellas se forme un núcleo que sea capaz de transmitir esfuerzos de una losa a la adyacente. Para ello además del diseño específico de la forma de la junta, el hormigón utilizado en su relleno, lo mismo que el utilizado en la capa de hormigón colocado en obra, si existe, se hará con hormigón de resistencia superior a los  $25 \text{ kN/mm}^2$  como se indica en el Apartado 8.

Las losas deben contar con la preceptiva "Autorización de uso", lo mismo que los forjados de viguetas.

En el Apartado 4 se fija que la capa de hormigón colocado en obra, si existe y se quiere considerar en el cálculo, debe tener un grosor mínimo de 4 cm e incluir en ella, igual que en los forjados de viguetas, una armadura de reparto formada por redondos de al menos 4 mm de diámetro, separados 35 cm como máximo en las dos direcciones. En los comentarios del Apartado 4.4 se indica que, en el caso de no existir la capa de hormigón colocado en obra, para asegurar "el trabajo conjunto de las losas y la transmisión transversal de cargas... se dispondrá un atado en las zonas de unión" que pueda cumplir buena parte de las funciones que de otra forma cumpliría la capa de compresión.

El comentario del Apartado 5.2 sobre la comprobación de tensiones en las piezas autoportantes con una capa de hormigón colocado en obra, que debe hacerse con distintas secciones antes o después de tener la sección completa, vale tanto para forjados de viguetas, como antes se indica, como para losas alveolares.

En cuanto al estudio de las solicitaciones de las losas alveolares no se indica ninguna variación frente a los métodos utilizados en los forjados de viguetas, aunque conviene subrayar que en el caso de las losas alveolares, lo más usual, e incluso lo más adecuado y recomendable, es no considerar la posibilidad de la continuidad entre vanos continuos, sino tratarlas como tramos aislados, simplemente apoyadas sobre elementos portantes claramente conformados, sean muros o vigas construidas antes de la colocación de las losas. Es conveniente en este tema que no se haga una transposición sin más de métodos constructivos, por tratarse de métodos que tienen características bastante diferentes.

En cuanto a las comprobaciones de los estados límites no aparecen diferencias notables entre las losas y los forjados de viguetas en cuanto a la comprobación de los estados límites bajo solicitaciones normales, pero si se aportan unas fórmulas nuevas en cuanto a la comprobación frente a esfuerzos transversales, distinguiendo, en el caso de las losas, cuando el esfuerzo es mayor o menor que el momento de descompresión de la losa y dando fórmulas muy diferentes para ambos casos. Ya se indicó antes que las nuevas fórmulas pueden aplicarse a los forjados de viguetas pretensadas.

Se aportan también en el Apartado 6 fórmulas para calcular la resistencia de las juntas frente a esfuerzos transversales y de las placas frente a esfuerzos de punzonamiento.

El cuadro para obtener los cantos de las losas sin necesidad de tener que calcular la flecha, del que antes hemos hablado, solamente contempla para las losas los vanos aislados, esto es sin considerar la continuidad con los vanos adyacentes. La razón de excluir las otras posibilidades, que aparecen para el caso de forjados de viguetas, es por que éste es su uso más habitual, como hemos repetido varias veces, y porque nos encontramos ya con unos cantos muy reducidos y no parece prudente favorecer su reducción, aunque no hay ninguna razón técnica que impida hacerlo.

No obstante lo arriba indicado, en el Apartado 7 se indica la forma de realizar la continuidad entre vanos contiguos, incluso en el caso de que no exista la capa de hormigón colocado en obra, mediante la eliminación de la losa superior de la pieza prefabricada en alvéolos alternos y tras la colocación de las armaduras correspondientes, su relleno con hormigón. Esta apertura de los alvéolos debe hacerse en fábrica y, en el caso de que excepcionalmente se haga en obra, deberá hacerse mediante herramientas de corte y nunca mediante golpes. Estos alvéolos abiertos y rellenos de hormigón pueden utilizarse igualmente para albergar armaduras de enlace que pudieran ser necesarias para realizar enlaces por solapo o los apoyos, o cuando existan o puedan existir esfuerzos horizontales.

En el apartado 7, como ya se indica, se presentan algunos detalles constructivos sobre la forma de realizar el enlace entre los forjados y las vigas. Ya queda dicho que las losas deben usarse fundamentalmente con apoyos directos por entrega que en la norma se fija en un mínimo de 4 cm, teniendo en cuenta que el fabricante deberá indicar cual es el esfuerzo cortante susceptible de ser absorbido con una longitud de entrega determinada, ya que éste varía sensiblemente según se haya desarrollado todo el pretensado o no.

## 5. DETALLES CONSTRUCTIVOS, EJECUCIÓN, CONTROL Y DOCUMENTACIÓN

Los cuatro últimos apartados de la Norma son seguramente los que en su redacción han sufrido más modificaciones respecto a lo que aparecía en la EF-88.

En el Apartado 7 se presentan una serie de detalles constructivos no muy diferentes a los anteriormente contemplados, salvo que lo son de un modo más sistemático. Con ellos se da una orientación suficiente y unas criterios con los cuales pueden resolverse los casos más habituales.

En el Apartado 8 se hace una enumeración de los temas que deben tenerse en cuenta para asegurar una buena ejecución de un forjado, mejorando de una forma muy notable lo que en la redacción anterior no pasaba de unas pocas líneas. Sin pretender ser un tratado ni siquiera sucinto sobre la materia, aparecen en este Apartado los temas principales que deben contemplarse a la hora de ejecutar un forjado, dándose unas orientaciones generales sobre la forma de llevar a cabo cada una de las tareas. Es digno de subrayarse la exigencia introducida de que la armadura de negativos se coloque sobre la armadura de reparto. Con ello parece que queda mejor garantizada su colocación y por el contrario no parece que el difícil cumplimiento del recubrimiento pueda plantear problemas en una zona que suele estar protegida.

En el Apartado 9 sobre el control se contemplan solamente las tareas que se deben realizar en la obra, excluyendo por lo tanto aquellas que deben ser consideradas en el control de calidad de la fabricación de los elementos y que por lo tanto no pueden ni deben incluirse en el proceso de control de la obra. En cuanto al control de las losas alveolares en buena parte, como ya se ha indicado, viene dado por el mismo proceso constructivo que no permite determinados defectos pues se romperían las piezas al transferir la tensión de los cables. No obstante puede y debe controlarse la cantidad y posición de los cables, la ausencia de penetración de los mismos, la ausencia de "spaling" o fisuras en la zona de anclaje, la conservación de la geometría y la ausencia de roturas. No obstante el tema fundamental sería el de la contraflecha, ya que una ausencia de esta podría indicar una falta o escasez de pretensado y una flecha excesiva podría inutilizarlas para forjados transitables o exigir unos recrecidos tal vez no previstos.

En el Apartado 10 se contempla el tema de la documentación con que debe contar un forjado. Se contempla el tema teniendo muy en cuenta la práctica real más habitual en la mayoría de las obras de edificación. Es cada vez más habitual que el proyecto de ejecución incluya muy poca información sobre los forjados, contando con que la casa suministradora del mismo completará la misma.

Por ello se pide que en este momento vayan los datos necesarios para que ésta pueda realizar su proyecto detallado, como son las sobrecargas en cada zona, las cargas totales y los esfuerzos positivos y negativos en cada una de las zonas. En este supuesto antes de proceder a la ejecución del forjado, el técnico adecuado deberá proporcionar unos planos completos, con referencia expresa al tipo de forjado utilizado y a la Autorización de Uso que le ampara, en donde se contemplen todos los aspectos necesarios para la ejecución del mismo y ellos deberán ser comprobados y firmados por la Dirección Facultativa que es en último término la responsable de los mismos.

Se pide por último que se elaboren si fuere preciso y queden en poder de la propiedad unos planos de los forjados realmente ejecutados en obra.

Conviene para acabar estas notas hacer una última llamada de atención sobre la necesidad de tener en cuenta que el sistema de forjado con losas alveolares pretensadas no puede, sin más, asimilarse al forjado de viguetas y su uso, cuando se trata de luces muy superiores a las usuales en el anterior, puede ser muy diferente y exige un buen conocimiento del mismo.

# Sencillamente...

## Obras bien hechas



# OBRA CIVIL



AUTOVÍA DE LEVANTE  
Variantes de Agnès y Perales de Talavera



AUTOVÍA DE ANDALUCÍA  
Tramo: Cazorla-Cuesta del Espino

La experiencia demostrada por CORVIAM en el Sector de Obra Civil, ha hecho posible acometer con garantía numerosos proyectos como respuesta a la creciente demanda de bienestar por parte de la sociedad.

Un bienestar que pasa por la construcción y conservación de carreteras y autovías, la mejora de infraestructuras urbanas, la regeneración de las playas y acondicionamiento de las costas, el abastecimiento y la calidad de las aguas y el buen aprovechamiento de los recursos hidráulicos.

