

LA FLEXIBILIDAD DE LOS FORJADOS DE HORMIGON ARMADO DE EDIFICACION: EVALUACION DE LA SITUACION ACTUAL

Enrique González Valle
Ingeniero de Caminos
Subdirector de INTEMAC

873-2



1. INTRODUCCION

Desde hace unos años, viene siendo frecuente que se presenten problemas de fisuración de las tabiquerías motivados por una excesiva flexibilidad de los forjados. Este problema, que en épocas anteriores no presentaba una gran transcendencia y generalidad, en la actualidad ha tomado una vigencia diríamos que alarmante.

El hecho a que hacemos referencia viene condicionado por una serie de aspectos, a los cuales pretendemos

pasar revista en el presente artículo. Hechos tales como la construcción de edificios de gran altura, o de mediana altura incluso; la frecuente utilización de sistemas estructurales planos, tales como los que incorporan vigas de canto igual al del forjado; el empleo de hormigones de calidad no elevada; la disociación entre el proyecto de estructura y el del resto del edificio, etc., unido todo ello al empleo de tabiquerías, diríamos que tradicionales, han mostrado como no aceptables tales sistemas si se condicionan técnicamente, en base a las comprobaciones de flexibilidad de los forjados que eran habituales en tiempos pasados.

El problema no es único en nuestro país. Ya hace años, estudios relativos a daños en construcciones (1), (2), (3), mostraban claramente que una parte apreciable de las construcciones que manifestaban problemas patológicos, tenían su causa primera en problemas de flexibilidad. El hecho concreto se ha relacionado con la utilización de grandes luces, o al menos de luces que excedían de las que podrían ser consideradas como normales, y, en particular, era en las construcciones destinadas a centros docentes en las que se manifestaba una mayor sintomatología atribuible a esta causa.

Evidentemente, los daños de construcciones manifestados por problemas de flexibilidad de los forjados, no tienen por qué representar un problema de seguridad en la construcción, y de hecho, en multitud de casos, así ocurre. Pero también es cierto que la magnitud con que se presentan los daños y su progresión en el tiempo crean una cierta psicología de ruina del edificio que, en muchos casos, ha obligado a tomar medidas, por una parte costosas y en la mayoría de los casos poco efectivas. Ello ha hecho que, no por su causa pero sí por su apariencia, se acometan refuerzos de enorme alcance, con trastornos para los ocupantes de la edificación y quebraderos de cabeza para proyectistas, constructores y promotores.

En este artículo no pretendemos plantear un análisis riguroso, técnicamente, sobre el problema de flexibilidad y su incidencia en la aparición de los daños. Nos contentamos con exponer una experiencia y con dar unas recomendaciones o pautas para minimizar los problemas que se derivan de los daños provocados por flexibilidad excesiva de los forjados. Análisis más rigurosos deben influir sobre las normas para ajustar mejor sus limitaciones de flechas. A la vez, la toma de conciencia de la complejidad del problema debe ser acicate para que se investiguen soluciones de tabiquerías más compatibles con los niveles de deformabilidad de las estructuras que estamos acostumbrados a emplear.

2. POR QUE DEBEN LIMITARSE LAS DEFORMACIONES

Las instrucciones o normas vigentes, en lo referente al problema que nos ocupa, establecen una limitación de las flechas en forjados y vigas, directamente relacionada con la presencia de elementos de tabiquería. Asimismo, en general, todas las normas establecen una limitación absoluta en la flecha de los forjados y vigas que no han de soportar tabiques o muros.

Aparte condiciones funcionales específicas, como podría ser el caso de cubiertas con pendientes reducidas en las cuales las deformaciones pudiesen afectar a condiciones funcionales de evacuación de agua, puede establecerse desde un punto de vista general que las flechas son limitadas para prevenir que una deformabilidad excesiva suponga fisuración de tabiques y muros.

La situación actual de la normativa vigente es la siguiente:

- La Instrucción Española EH-80 (4) establece en su articulado unas limitaciones de flechas que oscilan entre $L/300$ si el tabique o elemento de fábrica está construido con mortero de yeso y $L/500$ si lo ha sido con mortero de cemento.
- Las reglas francesas BAEL-80 (5) establecen, en sus comentarios, una limitación de la flecha del elemento, $L/500$ si la luz es inferior o igual a 5 m y a $(0,5 \text{ cm} + L/1.000)$ si la luz es superior a 5 m, llamando la atención en su articulado que los valores límites de las flechas están ligados al buen comportamiento de los tabiques, dependiendo de la mayor o menor fragilidad de tales elementos y de la eventual presencia de huecos o elementos de rigidización.
- La norma americana ACI-318 (6) limita la flecha máxima a $L/480$, señalando que tal límite podría ser excedido si se toman medidas para prevenir los daños en los elementos soportados.

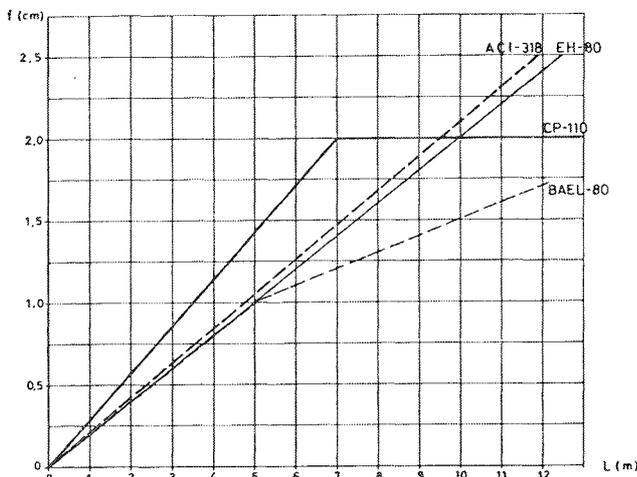


Fig. 1.—Limitaciones de flechas en función de la luz según diferentes normas.

— La norma inglesa CP-110 (7) establece un límite de $L/350$ ó 20 mm, lo que sea menor, pero llama la atención en su articulado de la falta de información sobre el tema.

Como resumen, en el gráfico de la figura 1 hemos dibujado los límites de flecha, en relación a la luz, que fijan las diferentes normas. Llamamos la atención sobre el aspecto de que tales limitaciones lo son para la flecha que puede originar daños en tabiquerías, por lo que su evaluación será función del proceso constructivo adoptado, dado que una determinada acción podría producir, en tal sentido, flecha instantánea, diferida, o ambas, en función del momento de la entrada en carga de la estructura y con relación al instante de ejecución de la tabiquería. En general, la flecha a considerar en una estructura de hormigón armado o pretensado tiene los siguientes componentes:

- a) flecha diferida del forjado;
- b) flecha diferida de la tabiquería;
- c) flecha instantánea más diferida de los revestimientos del suelo y techo;
- d) flecha instantánea más diferida de la sobrecarga de uso.

Nuestra opinión, en relación a tales limitaciones, es que son de consideración optimista. Desde un punto de vista general podría afirmarse que relaciones de flecha a luz del orden del $1/500$ no garantizan que las tabiquerías se vean exentas del riesgo de verse dañadas: tal es nuestra apreciación basada en la experiencia del análisis de múltiples casos de patología de los que podemos deducir que tabiques tradicionales, apoyados sobre estructuras que cumplen tales relaciones de flecha a luz, se ven dañadas. Nos viene a la memoria un caso —muy significativo por la generalidad que presenta tal tipo de fisuración— en el cual, con relaciones de flecha a luz $1/700$, en vanos de 7,00 m de luz libre, se apreció que la deformabilidad del tabique realizado con cerámica y recibido con mortero de cemento, no era suficiente para seguir al forjado presentando, bien una fisuración acusada, bien un despegue entre forjado y tabique en órdenes de 1 cm.

La contestación a la pregunta que hemos planteado en este epígrafe es obvia: las flechas deben limitarse, en las estructuras de edificación, para minimizar los daños en tabiquerías y cerramientos producidos por una deformabilidad excesiva del forjado. Pero automáticamente surge otra pregunta cuya contestación no es tan obvia:

¿Qué límites de flechas garantizan ausencia de daños en tabiquerías?

No puede decirse que sea prudente el límite que incorporan las normas actuales. Es más, nos parece arriesgado considerarlo como límite superior no alcanzable, incluso podríamos aducir que la norma francesa BAEL-80, que es la de más reciente publicación, y correspondiente a un país cuyos procedimientos de construcción son comparables a los utilizados en España, liga el valor límite de la flecha, según hemos indicado, con aspectos relativos al propio tabique,

como son, aparte su fragilidad, la presencia de huecos o de rigidizadores, no arriesgándose a dar valores en su articulado y remitiendo, para establecer los límites a sus comentarios. Esta norma admite la dificultad que entraña, en los casos de tabiques no superpuestos, el reducir los riesgos de fisuración en tabiquerías tradicionales puestas en obra sin precauciones particulares.

3. ASPECTOS QUE CONDICIONAN EL CALCULO DE FLECHAS: UNA PAUTA DE PROCEDIMIENTO PARA EL CALCULO DE FLECHAS EN FORJADOS

Directamente relacionados con el problema de limitación de flechas, están los procedimientos preconizados por las normas para la evaluación de flechas.

Los elementos de hormigón armado o pretensado presentan aspectos esenciales que los diferencian de otros formados por materiales metálicos, en lo que a evaluación de flechas se refiere.

En general, el cálculo de flechas de forjados o vigas de hormigón viene especificado en las normas que establecen tanto los valores del módulo de deformación a adoptar, como las características de las secciones a considerar. Pasamos revista a las prescripciones de una serie de normas.

La Instrucción EH-80 establece unos criterios generales en su articulado partiendo de un módulo de deformación instantáneo secante, $E = 19.000 \sqrt{f_j}$; y permitiendo evaluar las deformaciones por fluencia, en base a la consideración de un módulo de deformación de dos tercios, en climas húmedos y dos quintos en climas secos, lo que supone, implícitamente, considerar coeficientes de fluencia entre 1,5 y 2,5. Este coeficiente tiene el significado de factor por el que habría que multiplicar la deformación instantánea para calcular la deformación diferida. Una evaluación directa, en base a la propia norma, conduciría a valores del orden del señalado. La norma deja implícita la consideración de secciones fisuradas o no, en función de su situación real en el elemento, pero no da criterio alguno simplificado, avalado por la experiencia.

La norma francesa BAEL-80 establece un módulo de deformación instantáneo secante para el hormigón de valor $E = 55.700 \sqrt{f_j}$. Asimismo, y a falta de una valoración al efecto, la norma francesa establece el criterio de adoptar como deformaciones por fluencia el doble de las calculadas sobre la base de un módulo de deformación instantáneo con el valor antes citado. Complementariamente se hace notar en la norma que las secciones a adoptar deben tener en consideración la influencia de la fisuración, en base a un momento de inercia ficticio evaluado empíricamente, de valor:

$$I_f = \frac{I_o}{1 + \lambda \cdot \mu}$$

$$\lambda = \lambda_v = \frac{0,05 f_{t28}}{(2 + 3 \frac{b_o}{b}) \rho}$$

para deformaciones instantáneas y

$$\lambda = \lambda_v = \frac{0,02 f_{t28}}{(2 + 3 \frac{b_o}{b}) \rho} = \frac{2}{5} \lambda_i$$

para deformaciones de larga duración.

$$\mu = 1 - \frac{1,75 f_{t28}}{4\rho \sigma_s + f_{t28}} \leq 0$$

donde:

I_f = momento de inercia ficticio;

I_o = momento de inercia de la sección total supuesta homogénea, con coeficiente de equivalencia $n = 15$;

f_{t28} = resistencia característica del hormigón a tracción, expresada en N/mm²;

σ_s = tensión de tracción efectiva en la armadura correspondiente a la hipótesis de carga considerada;

ρ = cuantía de armadura $\frac{A_s}{b_o d}$, en relación al alma de la sección;

b_o = ancho del alma;

b = ancho del ala en el caso de sección en T.

La norma inglesa CP-110 establece un valor del módulo de deformación instantáneo, que se ajusta a los valores dados por la fórmula $19.000 \sqrt{f_{ck}}$, en la gama de hormigones con resistencia entre 175 y 250 kp/cm², con desviaciones inferiores al 5 %. Para la evaluación de las deformaciones por fluencia, remite a tratados especializados. Asimismo hace notar que es preciso tomar en cuenta la fisuración en la evaluación de las deformaciones.

La norma ACI-318 señala un valor del módulo de deformación $E = 15.100 \sqrt{f_c}$ (unidades en kp/cm²).

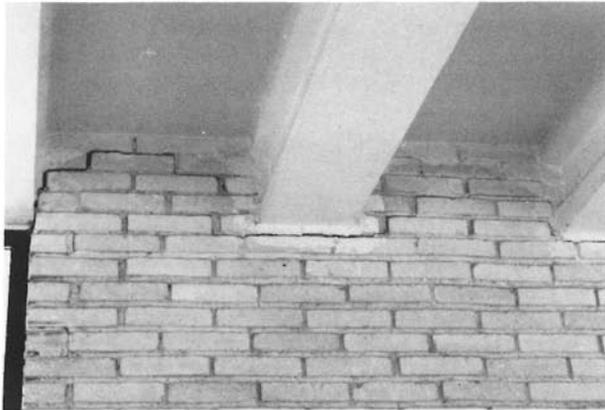
Este valor representa un 80 % del adoptado por la norma española EH-80, diferencia que resulta incrementada si se toman en consideración los estimadores adoptados por cada norma. Asimismo establece un método simplificado para evaluación del momento de inercia a considerar como eficaz para el cálculo de flechas en base a la fórmula:

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr}$$

donde:

$$M_{cr} = \frac{f_r \cdot I_g}{Y_1} = f_r W_{1r}$$

f_r = resistencia a tracción del hormigón = $0,62 \sqrt{f_c}$ con f_r y f_c en kp/cm²;



W_r = momento resistente de la fibra traccionada, en la sección bruta de hormigón;

M_a = momento máximo en el elemento cuya deformación evaluamos;

M_{cr} = momento de fisuración de la sección.

Señala además la norma ACI-318 que, en el caso de elementos con continuidad, se debe adoptar un valor medio para la inercia, entre las secciones críticas de momentos positivos y negativos. Por último, establece ACI-318 un criterio para evaluar las deformaciones por fluencia, consistente en calcular las deformaciones diferidas multiplicando las instantáneas por un coeficiente cuyo valor es:

$$\vartheta = \left(2 - 1,2 \frac{A'_s}{A_s} \right) \geq 0,6$$

donde:

A_s = armadura de tracción;

A'_s = armadura de compresión

y que conduce a $\varphi = 2,0$ en caso de $A'_s = 0$.

Como resumen, podemos establecer que el cálculo de flechas, en un elemento unidireccional, debe hacerse de acuerdo con la siguiente pauta de procedimiento:

— adoptar un valor del módulo de deformación secante, instantáneo,

$$E = K \sqrt{f_{ck}} = 19.000 \sqrt{f_{ck}}$$

— adoptar un momento de inercia ficticio de la sección que tenga en cuenta la fisuración. Proponemos el valor que establece ACI-318 por su simplicidad;

— considerar como deformaciones adicionales, por fluencia, valores del orden del doble de las instantáneas, en condiciones ambientales medias;

— incorporar la influencia de las armaduras comprimidas de acuerdo con ACI-318,

teniendo presente la opinión general de que, en cualquier caso, resultaría ilusorio sofisticar el procedimiento de cálculo de flechas, dadas las múltiples incertidumbres que se plantean en la valoración (8).

Los valores así calculados serán realistas, o al menos permitirán contrastar si la rigidez de nuestros forjados es comparable con la exigida por la normativa de otros países. Planteando la comparación entre las imposiciones de las diferentes normas, y supuesto que las acciones sean comparables en los diferentes códigos, habría de señalarse que las limitaciones de flechas, a que antes hemos hecho referencia, deberían ser corregidas en función de los módulos de deformación adoptados, según señalamos en la figura 2. De acuerdo con ello, hemos realizado una comparación entre las limitaciones de tales normas, homogeneizando los módulos de deformación. El resultado se presenta en la figura 3 para hormigones de resistencia 175 kp/cm^2 resultando, como más prudente, la norma ACI-318. Según ello, para luces normales, entre 5 y 7 m, la flecha admisible debería limitarse a valores inferiores a $L/600$, si se adoptan los valores del módulo de deformación establecidos por EH-80.

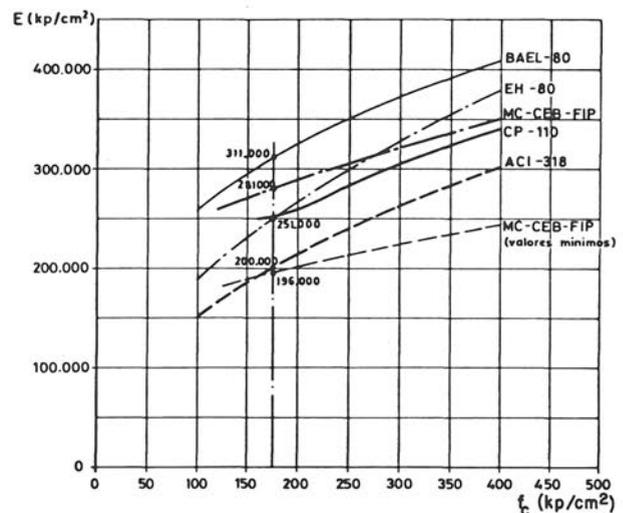


Fig. 2.—Valor del módulo de deformación del hormigón (E) en función de la resistencia a compresión (f_c) según diferentes normas.

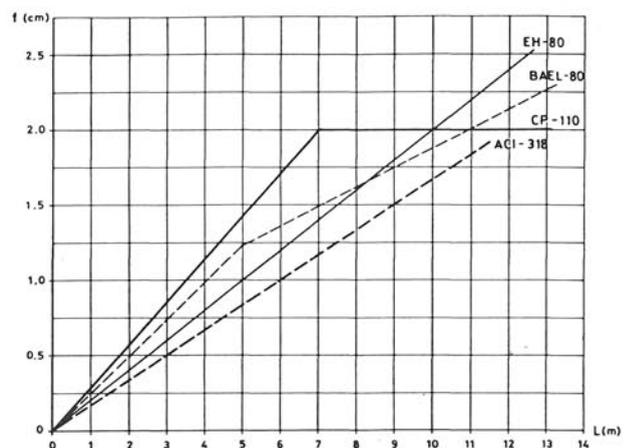


Fig. 3.—Limitación de flechas en función de la luz homogeneizando el módulo de deformación para $f_c = 175 \text{ kp/cm}^2$.

En cualquier caso, entendemos que el valor límite de la flecha admisible no puede juzgarse, exclusivamente, desde un punto de vista de cálculo sin tomar en consideración la distribución de la tabiquería y su sistema constructivo.

4. OTROS ASPECTOS QUE CONDICIONAN LA LIMITACION DE FLECHAS EN FORJADOS

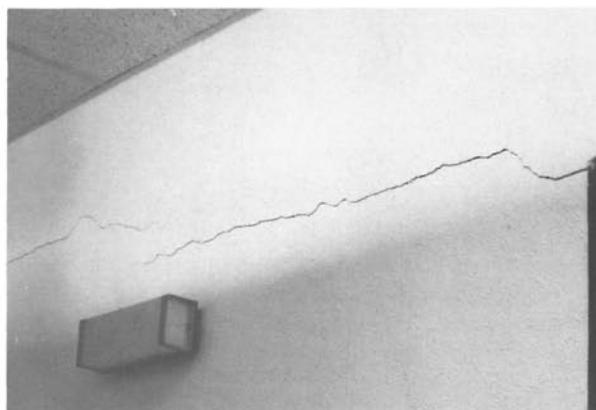
Dejamos sin contestar en el apartado 2 de este artículo la pregunta de qué límites de flechas garantizarían ausencia de daños en tabiquerías. Evidentemente, una evaluación realista o ajustada de las flechas, no lo es todo para imponer limitaciones objetivas a las mismas, ya que existen factores de proyecto, construcción y uso que condicionan el efecto de la deformabilidad en la integridad de las fábricas. Pasamos revista a algunos de ellos, atendiendo a su cronología.

Desde el punto de vista del proyecto de la edificación hemos de consignar tres aspectos que consideramos básicos. En primer lugar, el empleo de sistemas estructurales planos, forjados sin vigas o forjados con vigas planas, dejan libertad al proyectista para disponer sus tabiquerías sin condicionantes estéticos apreciables en los techos. Ello motiva que del uso, casi generalizado, en el que los tabiques seguían las alineaciones de vigas de canto, no sufriendo en consecuencia la deformabilidad propia del forjado, se llega a disposiciones de tabiquería que se ven influidas por las flechas del sistema estructural primario, pórticos con poca rigidez, y del propio forjado. Este aspecto pone en evidencia lo importante que llega a ser la coordinación entre el planteamiento de la estructura y el de la distribución, si se quieren minimizar problemas en las tabiquerías. A su vez, la importancia de este aspecto ha quedado avalada por la experiencia, ya que el incremento en la manifestación de daños ha caminado en paralelo con la reducción de los sistemas estructurales de pórticos con vigas de canto, o al menos con la reducción excesiva de los mismos.

Paralelamente, y siguiendo en fase de proyecto, se ha constatado una reducción de rigidez en las estructuras ante el empleo de materiales de mayores características resistentes, como es el caso del acero, que conlleva unas pérdidas de rigidez motivadas por la presencia de una fisuración mayor. Asimismo, los mayores niveles de sollicitación en servicio, en el hormigón, por aplicación de procedimientos de dimensionado en agotamiento de las secciones, conduce a una disminución de la rigidez (ante deformabilidad) de las estructuras y a una mayor incidencia de las deformaciones por fluencia. Aunque los valores del incremento de deformabilidad no sean determinantes, sí se consideran influyentes al menos en el rango de determinadas cuantías (9).

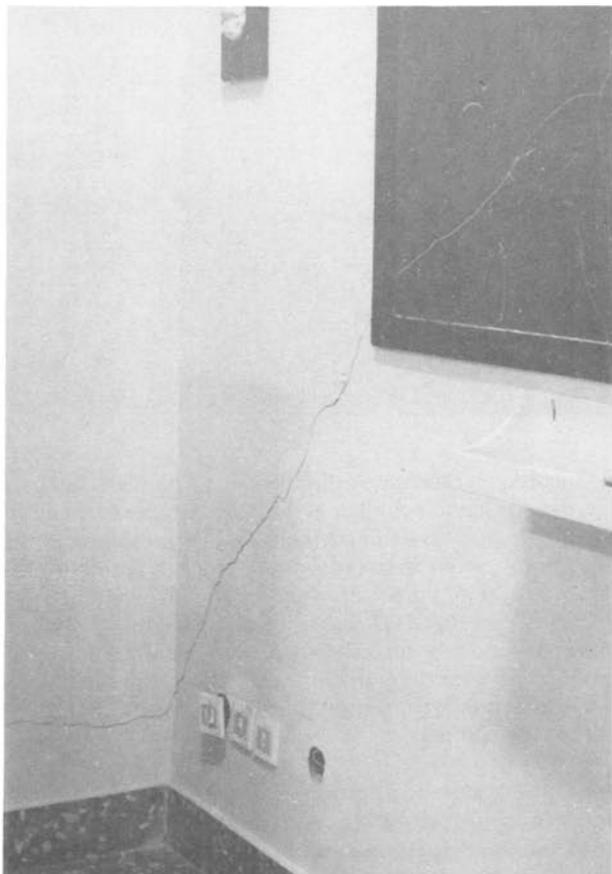
Como tercer aspecto, en fase de proyecto, señalaremos el empleo de luces mayores que en épocas pasadas. Hemos de significar que la influencia de la luz en la flecha se relaciona con la potencia cuarta de la luz.

Los tres aspectos mencionados nos ponen en situación de juzgar como arriesgado el aplicar una experien-



cia basada en relaciones prácticas luz a canto, o flecha a luz, a la situación actual de nuestras estructuras de edificación, ya que no sería correcto extrapolar limitaciones que dieron buen resultado con sistemas estructurales de luces reducidas, en las cuales las tabiquerías discurrían sobre las vigas, y en las que la propia tabiquería podría desarrollar un comportamiento aceptable como viga de gran canto, a sistemas actuales con distribuciones no congruentes con la propia deformabilidad del forjado.

Pero, además de los problemas o aspectos que hemos enunciado en proyecto, cabría hablar de aspectos de construcción. Nuestras estructuras, en el momento actual, se construyen a ritmos más rápidos, con mano de obra menos cualificada, y con un control reducido. Las tabiquerías se comienzan cuando hay abierto tajo, y es normal que se comience a montar tabiquerías o cerramientos, en plantas inferiores, cuando la estructura propiamente dicha no está acabada en sus plantas superiores. Si no se toman precauciones para independizar el comportamiento de los forjados, desde el punto de vista estructural, las plantas inferiores, que a una edad determinada tendrían un módulo de deformación mayor, una rigidez mayor en función de que son menores sus luces libres y, en algunos casos, preparadas para mayor sobrecarga, se verán sollicitadas por una acción total superior a la prevista en servicio al soportar, a través de la propia tabiquería, una fracción de las cargas de pisos superiores. Ello conllevaría una fisuración excesiva, unas deformaciones por fluencia mayores y, en definitiva, la fisuración de los tabiques de las plantas más bajas. El aspecto que hemos mencionado se considera fundamental y su incidencia se pone de manifiesto con demasiada frecuencia en edificaciones de más de 7 plantas y exentas de distribución en la planta baja. El hecho ha sido tan evidentemente contrastado, que la norma francesa a que antes hemos hecho referencia, BAEL-80, lo cifra como fundamental en sus comentarios, hasta el punto de considerar como solución favorable el que los tabiques queden superpuestos en sus diferentes plantas, sean resistentes para soportar las compresiones que los sollicitan y estén convenientemente cimentados, como lo justifica constataciones hechas en ciertos edificios escolares, en los que tal disposición constructiva se ha adoptado para eliminar el tipo de problemas que comentamos.



Relacionado con este aspecto, no quisiera pasar por alto una anécdota ocurrida con motivo del análisis de un problema de daños en tabiquerías, y que quisiéramos que sirviese como homenaje a una generación de "albañiles" que conocían su oficio. Al expresar nuestra opinión sobre la causa de un problema de fisuración en tabiquerías de una planta baja, y tras comprobar los altos ritmos de construcción que se habían producido tanto en la ejecución de la estructura como de la tabiquería, el encargado nos señaló, asintiendo a que era evidente la causa que establecíamos. «Es que las prisas son malas. Además ya decíamos antes que en los edificios debía construirse la estructura de abajo a arriba, y sus tabiquerías y cerramientos de arriba a abajo». Ello conlleva la valoración de una experiencia que no se ha extrapolado a los momentos actuales, en lo referente a cualificación y profesionalidad de la mano de obra.

En lo que respecta a la utilización, no es normal atribuir a una fracción de las sobrecargas de uso un carácter de "cuasipermanente" o "permanente", según el CEB (10), lo que conduciría a que de las flechas producidas por esta acción, una parte tendría el carácter de instantánea mientras que otra tendría carácter instantáneo más diferido. La normativa a este respecto, al menos en España, presenta una laguna, cuya incidencia, aunque no sea extraordinaria, sí es valorable para el tema del cálculo de flechas.

Por último y como resumen, no queremos dejar pasar por alto, aun con la complejidad que entraña el

problema, que la valoración de los aspectos mencionados plantea una situación complicada para establecer limitaciones en flechas. Los valores a que hemos hecho referencia en los apartados anteriores, en condiciones diríamos que óptimas, no dejan de ser, a nuestro criterio, un límite superior no alcanzable, habiendo constancia de que con determinadas disposiciones de tabiquería, métodos de construcción, incluso con relaciones de flecha a luz del orden de 1/1.000, no podría garantizarse la ausencia de fisuras (11).

5. RECOMENDACIONES PARA EL PRESENTE Y SUGERENCIAS PARA EL FUTURO

De lo expuesto en apartados precedentes, podemos enmarcar la situación actual, en lo referente al problema de flexibilidad que comentaremos en los siguientes vértices básicos:

- Empleo de sistemas estructurales altamente deformables y disposiciones de proyecto no compatibles entre tabiquería y estructura.
- Normativa con lagunas importantes en lo referente a la evaluación de flechas.
- Limitaciones optimistas en las deformaciones admisibles señaladas por las normas, al menos si se entienden desde un punto de vista general.
- Procedimientos constructivos en que no se toman medidas para minimizar los efectos de la deformabilidad de los forjados sobre las tabiquerías.

Los cuatro puntos mencionados delimitan una situación altamente conflictiva. Como antes hemos señalado, tales puntos son las causas básicas de la fisuración en tabiquerías, lo que origina que los usuarios se vean sometidos por una presión psicológica ante la aparición de fisuras, y en que por su desconocimiento técnico justificable equiparen fisuración de tabiques, con falta de seguridad y a menudo con ruina del edificio. Sobre este punto, aunque sea difícil, hay que realizar una actuación técnicamente rigurosa para delimitar, claramente, cuándo un problema de deformabilidad conlleva o es índice de un bajo nivel de seguridad, y cuándo no, para en consecuencia establecer la actuación de refuerzo o rigidización más adecuada y eligiendo el momento más oportuno.

En relación a los cuatro puntos a que antes hemos hecho referencia, como vértices que enmarcan la situación, las recomendaciones que podríamos establecer son evidentes:

- Dotar a nuestras estructuras de la máxima rigidez compatible con otras condiciones funcionales, a la vez que pensar, al mismo tiempo que en la distribución de tabiquerías, en la disposición de la estructura del edificio.
- Reglamentar, normativamente, bien en la propia norma, bien en manuales de aplicación de la misma, el procedimiento más adecuado para comprobación

de flechas, definiendo el carácter de las acciones a considerar, el módulo de deformación, los coeficientes de fluencia, la tipología de las secciones y, fundamentalmente, los valores ficticios de sus inercias.

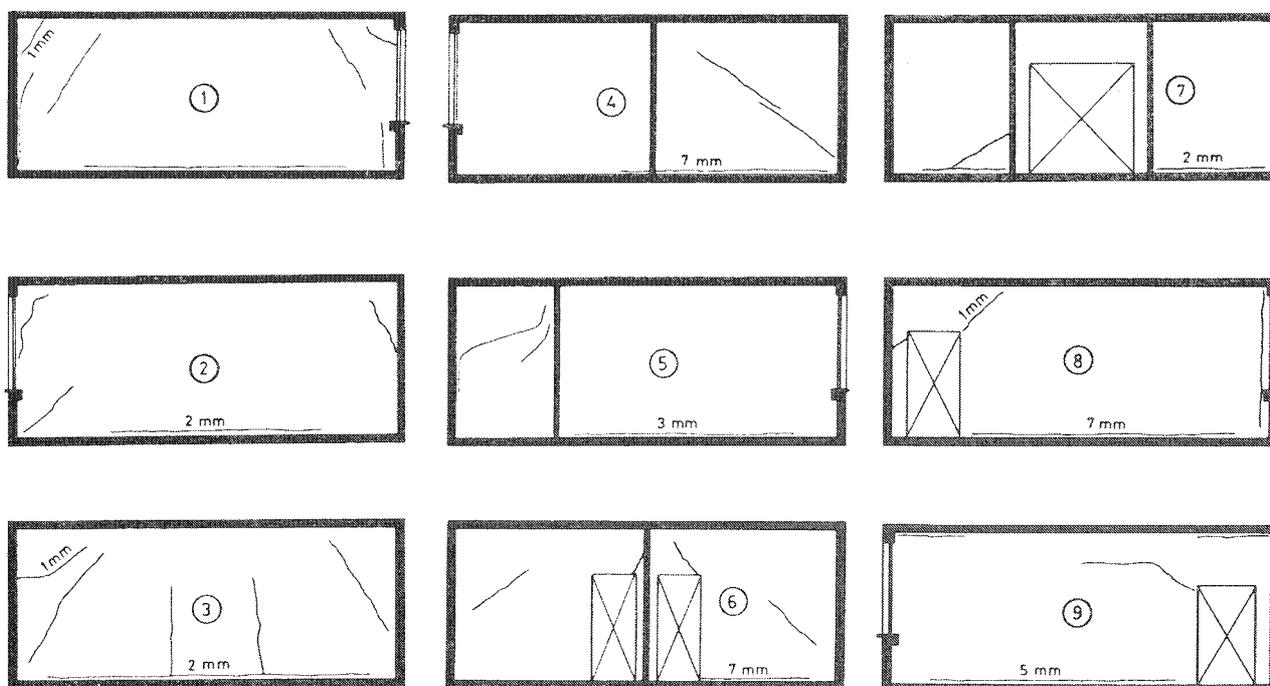
- Elevar significativamente los límites de la deformabilidad admisible, haciendo llamadas de atención en la norma a las condiciones que deben regir su interpretación.
- Crear conciencia de que el problema de deformabilidad de un forjado puede venir agravado por el

sistema constructivo empleado, llamando la atención sobre el hecho de que es fundamental evitar transmisiones de carga a través de las tabiquerías, por su incidencia en la fisuración de plantas bajas.

Paralelamente, y como sugerencia para el futuro, nos parece que ha llegado el momento de que se planteen soluciones de tabiquerías, a base de sistemas industrializados no tradicionales, menos dependientes de la deformabilidad del forjado. Será el único medio de poder emplear, sin riesgo, los sistemas estructurales actuales que tantos problemas están originando.

tipología de fisuras extractada de un caso real

Luz = 7,20 m
Relación flecha/luz \leq 1/500



BIBLIOGRAFIA

- (1) Mayer (h) und Rüsç (H): «Bauschäden als Folge der Durchbiegung von Stahlbetonbauteilen». *Dentscher Ausschuss für Stahlbeton (DAFST) Helf* 193-1967.
- (2) Pfeffermann (O) et Mathez (J): «Pathologie des excès de déformation». *Bulletin d'information du CEB*, núm. 91, 1973.
- (3) Matousek (M) und Schneider (J): «Untersuchungen zur Struktur des Sicherheits-problems bei Bauwerken». Institut für Baustatik und Konstruktion. *ETH-Zürich Bericht*, núm. 59, 1976.
- (4) Instrucciones EH-80 y EP-80.
- (5) Règles BAEL-80: «Règles Techniques de Conception et de Calcul des Ouvrages et construction en Béton Armé suivant la méthode des états-limites».
- (6) Norma ACI-318: «Building Code Requirements for reinforced Concrete» (ACI-318/77).
- (7) CP-110: «The Structural Use of Concrete B.S.I.».
- (8) Jaccoud (J.P) y Favre (R): «Flèche des Structures en Béton Armé. Vérification Expérimentale d'une Méthode de Calcul». *Annales de L'ITBTP*, núm. 406, julio-agosto, 1982.
- (9) Calavera (J): «Cálculo, Construcción y Patología de Forjados de Edificación». *INTEMAC*, 2.ª edición, 1981.
- (10) Código Modelo CEB-FIP.
- (11) CEB - Manual: «Cracking and Deformation». *Bulletin d'information du CEB*, núm. 143, 1982.