ASOCIACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CALIDAD
SECCIÓN DE CONSTRUCCIÓN

GRUPO DE TRABAJO
"INNOVACIÓN Y BUENAS PRÁCTICAS EN CONSTRUCCIÓN"

LA ESTABILIDAD DE LOS CERRAMIENTOS DE LADRILLO LUCES Y SOMBRAS

PONENTES GENERALES:

- CARLOS PUERTAS DEL RÍO

- JOSÉ BLANCO PERRÍN

Edición nº 1a

Fecha: 17/11/03

PRESENTACIÓN

El presente documento forma parte del conjunto de actuaciones iniciadas por el Grupo de Trabajo "Innovación y buenas prácticas en construcción", orientadas al análisis y divulgación de los procesos de construcción relacionados con actividades o unidades de obra en las que sistemáticamente se identifican problemas repetitivos generados por el diseño, los materiales y/o la ejecución.

En base a ello, el Grupo ha redactado, en una primera fase, los cuatro documentos siguientes:

- La estabilidad de los cerramientos de ladrillo. Luces y sombras.
- La soldadura de estructuras metálicas. Su control al alcance del personal de obra.
- La impermeabilización de sótanos en edificación. Criterios de aplicación práctica.
- El medio ambiente en el diseño y la construcción de edificios. Ideas básicas.

Esperamos que sus contenidos tengan la aplicación deseada y sirvan para reducir, de forma significativa, las no conformidades que hoy estamos detectando en nuestras actividades de construcción.

Jesús Prieto Almaraz
Presidente de la Sección de Construcción. AEC

COMPONENTES DEL GRUPO DE TRABAJO

- Carlos Puertas del Río
- Fernando Arrechea Veramendi
- Héctor Salvador Molina
- Abraham Gil Usero
- José Blanco Perrín
- Antonio Burgueño Muñoz

ÍNDICE

1. Introducción

2. La deformabilidad de la estructura soporte

   2.1 Evolución de las estructuras de hormigón
   2.2 Flechas instantáneas y diferidas
   2.3 Asientos diferenciales
   2.4 Flexión horizontal de la estructura
   2.5 Dilatación y retracción de las estructuras

3. Las tolerancias en la ejecución de las estructuras de hormigón

4. Las características de las fábricas y de los materiales constituyentes

   4.1 Respecto del ladrillo
   4.2 Respecto de los morteros
   4.3 Respecto de las fábricas

5. La estabilidad de los cerramientos en la normativa

   5.1 Sobre la estabilidad a las acciones horizontales
   5.2 Sobre la estabilidad a las acciones verticales
   5.3 Sobre las juntas
      5.3.1 Juntas verticales
      5.3.2 Juntas horizontales

6. Las soluciones proyectadas

   6.1 Las indefiniciones y las soluciones no satisfactorias
   6.2 Los dibujos teóricos

7. Qué hacer

   7.1 Primero: Saber que hay fachadas que se caen
   7.2 Segundo: Conocer los riesgos
   7.3 Tercero: Aplicar las reglas de buena práctica

8. Epílogo

1. INTRODUCCIÓN

El documento "La estabilidad de los cerramientos de ladrillo. Luces y sombras" preparado por el Grupo de Trabajo "Innovación y buenas prácticas en construcción", trata de profundizar en los condicionantes de diseño y ejecución que han llevado a que esta tradicional unidad de obra presente en la actualidad no pocas incertidumbres respecto a su comportamiento final.

Tras evaluar los aspectos que pueden afectar a la falta de idoneidad de la estructura como elemento soporte del cerramiento, así como la incidencia de los propios materiales constituyentes de éste, se pasa a analizar la interrelación de la normativa de aplicación en el desarrollo de las soluciones proyectadas, y a contemplar el mayor o menor riesgo que todo este conjunto de factores puede generar en la obra acabada, en función de las tipologías, materiales y soluciones constructivas adoptados. Finalmente se establecen una serie de criterios y de actuaciones a realizar orientadas a minimizar las numerosas patologías hoy detectadas.

2. LA DEFORMABILIDAD DE LA ESTRUCTURA SOPORTE

Puesto que las estructuras de hormigón son en su mayoría el elemento portante de los cerramientos objeto del documento, el análisis se centrará en esta tipología, fácilmente generalizable por otra parte para las estructuras metálicas.

De acuerdo con la realidad de las tipologías de fachada más habituales, en este análisis se considerará que el cerramiento funciona como elemento independiente de la estructura soporte y no como elemento estructural resistente integrado en el modelo de cálculo de ésta, aspecto que con las soluciones construidas sería más imaginario que real.

2.1 EVOLUCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

Debido al avance del conocimiento sobre el comportamiento del hormigón, así como de la calidad de los aceros, acompañado de una evolución continua en los métodos de cálculo, se ha pasado de las estructuras porticadas con luces de 3 - 4 m. y cantos de viga del orden de $\frac{L}{10}, \frac{L}{12}$ a luces de 7 - 8 m. con cantos de $\frac{L}{22}, \frac{L}{24}$ y aceros de 255 a 500 MPa.

Consecuencia de lo anterior, se consiguen estructuras más ligeras pero mucho más flexibles; condición ésta que afecta directamente a los elementos constructivos que soportan, y en especial a los cerramientos de fábrica.

El propio borrador del CTE indica ya que, para módulos de elasticidad de las fábricas medios-bajos (2.000 a 3.000 N/mm2), es difícil garantizar la no fisuración de tabiques y tabicones cuando las luces son superiores a 5 m, en tramos extremos, o a 6 m en los centrales.

2.2 FLECHAS INSTANTÁNEAS Y DIFERIDAS.

Como dice la EHE *"La deformación total producida en un elemento de hormigón es suma de diferentes deformaciones parciales que se producen a lo largo del tiempo por efecto de las cargas que se introducen, de la fluencia y de la retracción del hormigón"*.

La influencia de las flechas instantáneas respecto de las fábricas, debidas al peso propio de la estructura y, en algunos casos (en función del proceso constructivo), las del solado y del propio peso de los cerramientos, podremos evitarla, pero las acciones debidas a las flechas instantáneas de las sobrecargas de uso y las diferidas, en todos los casos, no serán eludibles por un proceso constructivo determinado, sino que será necesario tomar otras medidas complementarias.

Queremos hacer especial hincapié en que la EHE y todas las instrucciones existentes hasta la fecha, limitan las flechas activas para intentar evitar daños en las fábricas SUSTENTADAS por ellas. Esta limitación hay muchos proyectistas que la extienden, erróneamente, a que las fábricas que atestan por debajo a esas estructuras tampoco serán dañadas con la verificación de tal limitación, lo cual es rotundamente falso y origina errores de bulto importantes.

2.3 ASIENTOS DIFERENCIALES.

Los asientos diferenciales en la cimentación, originan una distorsión angular entre las vigas y pilares que afectan a los cerramientos.

2.4 FLEXIÓN HORIZONTAL DE LA ESTRUCTURA.

En los edificios de altura, la flexión horizontal debida al viento o sismo afecta a los cerramientos, principalmente en las plantas superiores.

2.5 DILATACIÓN Y RETRACCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS.

Como todo cuerpo físico, las estructuras de hormigón están sometidas a variación dimensional por efecto de la temperatura.

Asimismo, las estructuras de hormigón sufren el efecto de la retracción hidráulica que tiene una duración aproximada de 4 ó 5 años, aunque se manifieste mayormente en los primeros meses de vida.

Como consecuencia de los enunciados anteriores, será la compatibilidad o incompatibilidad de las deformaciones de la estructura con los cerramientos en determinadas disposiciones, la que obligará a modificar o redefinir los sistemas de apoyo y anclaje de éstos respecto de aquella.

3. TOLERANCIAS DE EJECUCIÓN DE UNA ESTRUCTURA DE HORMIGÓN.

Es inevitable en toda actividad humana la desviación de la solución teórica con la ejecución real, dándose por correcta aquella ejecución que se encuentra dentro de las desviaciones estimadas como posibles de conseguir para el tipo de obra, material y medios de ejecución adecuados y disponibles.

En las estructuras de hormigón, la EHE considera como desviaciones lógicas y admisibles, en el momento actual, para estructuras construidas "in situ" las siguientes:

a) Desviación de la vertical (Δ= Desviación admisible)

a-1) Líneas y superficies en general.

$H \leq 6$ m	$\Delta =$	$\pm$ 24 mm
6 m $< H \leq 30$ m	$\Delta = \pm 4\,H$ No mayor de	$\pm$ 50 mm
$H \geq 30$ m	$\Delta = \pm \frac{5\,H}{3}$ No mayor de	$\pm$ 150 mm

a-2) Aristas exteriores de pilares de esquina vistos, y juntas verticales de dilatación vistas.

$H \leq 6$ m	$\Delta =$	$\pm$ 12 mm
6 m $< H \leq 30$ m	$\Delta = \pm 2\,H$ No mayor de	$\pm$ 24 mm
$H \geq 30$ m	$\Delta = \pm \frac{4\,H}{5}$ No mayor de	$\pm$ 80 mm

Con H en m y Δ en mm, siendo H la altura del punto considerado respecto al plano horizontal que se tome como referencia.

El borrador del CTE por su parte limita el desplome de las fábricas entre pisos en 20 mm, y en 50 mm para la altura total del edificio, cifras bastante concordantes con las de la EHE para la estructura.

En esta situación, podemos decir que en la ejecución de una estructura de hormigón, los bordes de los forjados estarán contenidos en un sólido, de sección vertical idéntica al alzado del edificio, y de espesor igual a la tolerancia, considerada ésta como la suma de los valores absolutos de las desviaciones admisibles.

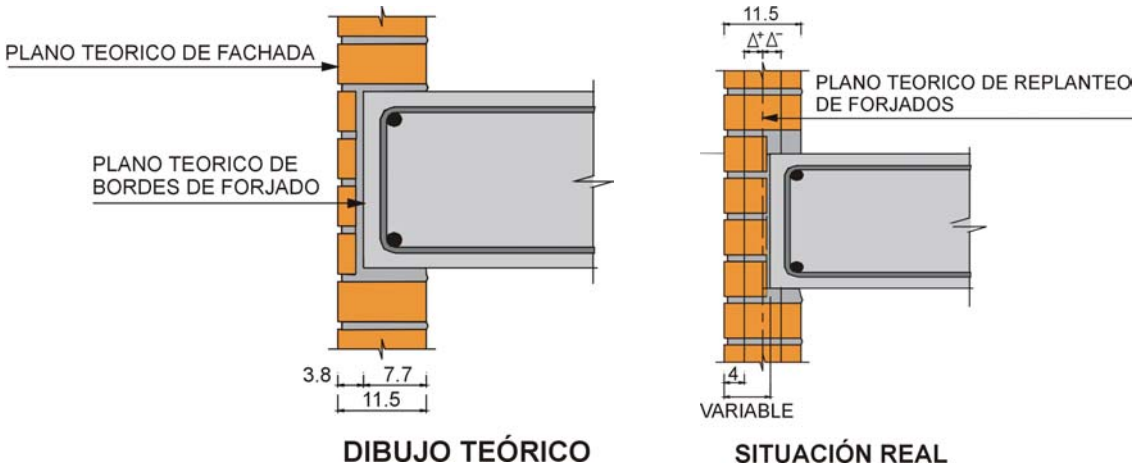
En un edificio de 6 plantas, con altura entre plantas de 3 m, esta tolerancia sería:

$H = 6 \times 3 = 18$ m
$\Delta = \pm 4 \times 18 = \pm 72$ mm $> \pm 50$ mm., luego $\Delta = \pm 50$ mm.
Tolerancia = 100 mm

Consecuencia de esta realidad, es que los cerramientos que se ejecuten en estas estructuras, tendrán que estar dotados de elementos capaces de absorber las correspondientes tolerancias.

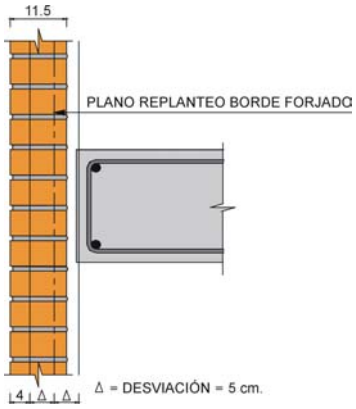
Ejemplo de lo anterior son los muros cortina, que absolutamente en todos los sistemas contemplan las piezas que permiten absorber las tolerancias de construcción de la estructura soporte.

Podemos realizar un detalle constructivo de lo que ocurre en la realidad, en sustitución del detalle teórico que se ha generalizado como posible de ejecutar y que resulta erróneo. Tal error es el culpable de gran parte de las patologías referentes a la estabilidad vertical.



Siendo la cota variable = | mín. 4 cm.
máx. 4 + T; siendo T = Tolerancia de ejecución estructura

Se puede observar que en el ejemplo anterior del edificio de 6 plantas que implica una tolerancia de 10 cm., el cerramiento no apoyaría absolutamente nada en un porcentaje de puntos importantes en el conjunto de la fachada.



El borde del forjado estará en cualquier punto entre las líneas Δ+, Δ-

Se constata diariamente en la práctica totalidad de los proyectos, que en el diseño de la estabilidad vertical de los cerramientos, se da por supuesto única y exclusivamente la posición teórica más favorable: apoyo 2/3 11,5 = 7,5 cm. y vuelo 1/3 11,5 cm = 4 cm. caso que acabamos de demostrar que se produce tantas veces como la posición más desfavorable: apoyo 11,5 - (4+T) y vuelo 4+T que, en función de la altura del edificio, puede superar incluso el tizón del ladrillo.

Y decimos "más favorable" puesto que el espesor mínimo posible para chapar con plaquetas de ladrillo entre plaqueta y mortero, es del orden de 4 cm., luego el resto del tizón será lo máximo que se puede apoyar.

De todo ello se deduce la imposibilidad matemática y real de poder ejecutar las fachadas de ladrillo visto de ½ pie a soga tal como se viene proyectando en nuestro país. Es decir conseguir la posición más favorable, apoyo 7,5 cm. vuelo 4 cm., en todos los puntos de la obra.

Lo anterior en absoluto quiere decir, como erróneamente se ha extendido, que una fábrica de ½ pie sea estable por el mero hecho de apoyar en el forjado 7,5 cm. Una fábrica de ½ pie con altura de una planta NO es estable al viento ni apoyando la totalidad del tizón, si no se introducen arriostramientos u otros mecanismos que lo estabilicen frente al mismo.

Esta práctica, de dar por supuesto el caso más favorable en toda la obra, es contraria a cualquier método de cálculo de estabilidad de un elemento, que tiene que considerar el caso más desfavorable que se puede dar. Esta mala práctica da lugar a un sofisma, de manera que se hace recaer la responsabilidad de la estabilidad de la fachada sobre todos los intervinientes en su construcción, cuando por mucho trabajo y empeño que pongan están condenados al fracaso.

4. LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS FÁBRICAS Y DE LOS MATERIALES CONSTITUYENTES

4.1 RESPECTO DEL LADRILLO.

Los ladrillos cerámicos experimentan expansión por absorción de humedad, variando esta expansión, de acuerdo con el borrador del CTE, entre - 0,2 mm/m a 1,0 mm/m según el tipo de arcilla.

La expansión por humedad dependiendo del tipo de arcilla puede ser calificada de rápida, media y lenta, siendo la duración de este proceso de expansión del orden de tres años.

La expansión de los ladrillos por humedad es irreversible. El desinterés por esta faceta de la cerámica da origen a no pocas y muy graves patologías.

Para hacerse una idea, diremos que una expansividad de la cerámica de 1,00 mm/m. es 4,4 veces la dilatación térmica por un salto de temperatura de 50º C.

4.2 RESPECTO DE LOS MORTEROS

Los morteros excesivamente ricos agrietan las fábricas al fraguar.

La práctica de aumentar la relación agua-cemento para evitar el mojado de los ladrillos es errónea, por dar un mortero que escurre manchando el ladrillo y ser más permeable.

4.3 RESPECTO DE LAS FÁBRICAS.

Los cerramientos de los edificios están sometidos a acciones tales como viento y sismo, por tanto, hay que calcularlos frente a esas acciones, es decir, tanto como elemento independiente, como sus conexiones a la estructura en la que se va a instalar.

Las fábricas de ladrillo cerámico están sometidas como todos los materiales a los efectos de dilatación y retracción por cambios térmicos, así como al efecto de la expansividad de la arcilla ya comentada. Por consiguiente, hay que prever las juntas de dilatación propias del material. La distancia entre ellas no tiene por qué coincidir con las de la estructura donde se instale, aunque éstas son obligadas en las fábricas por el mero hecho de ser separación entre dos edificios estructuralmente hablando.

Hay que desterrar la idea de que en las fábricas sólo se consideren juntas verticales para absorber la dilatación longitudinal de las mismas. Este concepto proviene de cuando las fábricas eran muros de carga y obviamente no existían juntas horizontales de dilatación. Al ser como son actualmente elementos portados no portantes, y puesto que dilatan (el ladrillo) en las tres direcciones (en el sentido del espesor, debido a su pequeño tamaño, es despreciable), es obligatorio disponer las juntas horizontales necesarias, cosa que en los cerramientos actuales se ha obviado sistemáticamente.

Finalmente indicar que hoy las fábricas de ladrillo son muy rígidas (sobre todo con los morteros utilizados actualmente) y prácticamente no admiten deformaciones sin fisurarse.

5. LA ESTABILIDAD DE LOS CERRAMIENTOS EN LA NORMATIVA

Las fachadas de ladrillo visto han evolucionado adelgazando progresivamente. De las primeras fachadas, realizadas con 1 pie y con vuelo de ¼ de pie se ha pasado sucesivamente a ½ pie a soga apilastrado con tizones cada metro, dando al exterior un aparejo flamenco, a ½ pie a soga con pilastras de un tizón solamente en las jambas, y por

último a la situación actual de ½ pie a soga sin ninguna pilastra. Esta evolución no ha hecho más que orientar sistemáticamente las fachadas hacia la inestabilidad.

5.1 SOBRE LA ESTABILIDAD A LAS ACCIONES HORIZONTALES.

La escasez, dispersión y poca claridad de las Normas, tanto de obligado cumplimiento como las no obligatorias, respecto a las fábricas como cerramiento, son fuente de continuos errores en el proyecto.

La Norma NBE FL-90 Muros Resistentes de Fábricas de Ladrillo, dedica exclusivamente el artículo 5.4.2 a la flexión en el plano perpendicular a los tendeles, siendo dicha flexión el estado (viento, sismo) dominante en el caso de los cerramientos, cuya única carga vertical es su peso propio. Esta Norma limita la tensión de tracción admisible al 10% de la tensión de cálculo a compresión de la fábrica.

$$\sigma' = \frac{M}{W} - \frac{Nd}{A} \leq 0{,}1\ fd$$

Considerando una fábrica de cerramiento de ½ pie confinada entre los forjados, con una resistencia de cálculo de 16 Kg/cm^2, sometida a una presión de viento de 60 Kg/m^2 correspondiente a un edificio de altura 11 - 30 m. en situación normal, tenemos que la altura máxima del cerramiento que verifica esta condición es muy inferior a 3 m.

El Eurocódigo EC-6 es más estricto todavía al asignar a la resistencia por flexión de los tendeles f_{XK1} el valor 0.

Consecuencia directa de lo anterior, es la difícil justificación de proyectar cerramientos de fábrica confinados con mayor altura sin tomar otras disposiciones constructivas, tales como garras, que sean capaces de transmitir los esfuerzos a otros elementos, o el armado de la fábrica en los tendeles, que a su vez necesita de líneas de apoyo verticales.

La solución de fábrica confinada en todo su espesor entre forjados, en el caso de las estructuras de hormigón con luces de 5 - 6 y 7 m., no debe tampoco realizarse debido a las deformaciones diferidas de éstas, ya que tendremos las patologías correspondientes de fisuración por aplastamiento, pandeo o separación del apoyo inferior.

Con mayor razón queda en cuarentena el confinamiento de la fábrica cuando su colocación es la que llamamos semivolada a fin de chapar los forjados, y que, como se ha visto, es un apoyo aleatorio y no controlado en el procedimiento habitual de ejecución.

La Norma NTE FFL cuando habla de muro de cerramiento hace las siguientes consideraciones: (Aunque las Normas NTE no son de obligado cumplimiento, generalmente está extendido el concepto de que con su verificación se exime o

ampara de responsabilidad al proyectista, lo cual no parece cierto, sobre todo en este caso que existe una NBE FL-90 de rango superior)

"Condiciones generales de sustentación:

Los muros de cerramiento deben ir anclados en sus cuatro lados a elementos estructurales verticales y horizontales, de tal manera que quede asegurada su estabilidad y la transmisión de los esfuerzos horizontales a que esté sometido.

Estos muros no precisarán ningún cálculo o comprobación si cumplen las siguientes condiciones:

- Altura no mayor de 3 m.
- Longitud no mayor de dos veces su altura.
- Espesor no menor de 9 cm.

Elementos de arriostramiento:

Los muros de cerramiento que no cumplen las condiciones especificadas en el apartado anterior se arriostrarán con tabiques transversales.

La longitud de estos tabiques no será menor que la altura del muro arriostrado y su espesor no menor de 9 cm. Irán trabados al muro de cerramiento y si éste es de dos hojas se trabarán únicamente a la hoja interior, reforzando la unión con la otra hoja con anclajes cada 30 cm. y en toda su altura".

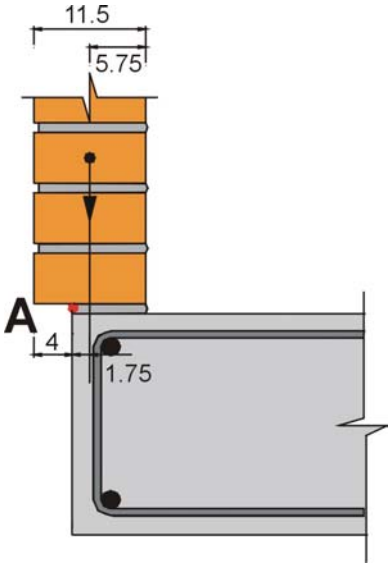
Sobre estos puntos de la NTE desconocemos de dónde ha salido el dar como estable a las acciones horizontales, sin cálculo de ningún tipo, un cerramiento de 3 m. de altura y 6 m. de longitud, para espesores de 9 cm. y 11,5 cm. Además no se habla de huecos en esos muros

Con respecto a *"Los muros de cerramiento que no cumplen….."* creemos que no se debe entender que con verificar las relaciones H menor o igual que *a* y L menor o igual que 2*a*, cualquiera que sea su altura *a*, y colocando en sus extremos tabiques de arriostramiento de longitud igual a *a*, se pueda decir que el cerramiento es estable. Más bien, creemos que se debe interpretar como altura máxima de cerramiento entre apoyos o anclajes 3 m. y longitud máxima entre tabiques de arriostramiento 6 m., a fin de reconvertirlos al caso general.

5.2 SOBRE LA ESTABILIDAD A LAS ACCIONES VERTICALES.

Existe la creencia de que la estabilidad de la fachada está garantizada si se verifica un criterio que consideramos muy ingenuo, que consiste en aceptar que ésta será estable siempre que la componente del peso propio pase por el interior del borde de forjado donde se apoya, lo cual para un ladrillo de 11,5 cm. considerando un grueso mínimo

para el aplacado de 4 cm. tiene solamente una holgura de 1,75 cm. (entre 4 cm. y el 50% del tizón).



Quiere esto decir que la tolerancia para ejecutar en este supuesto una estructura de varias plantas sería:

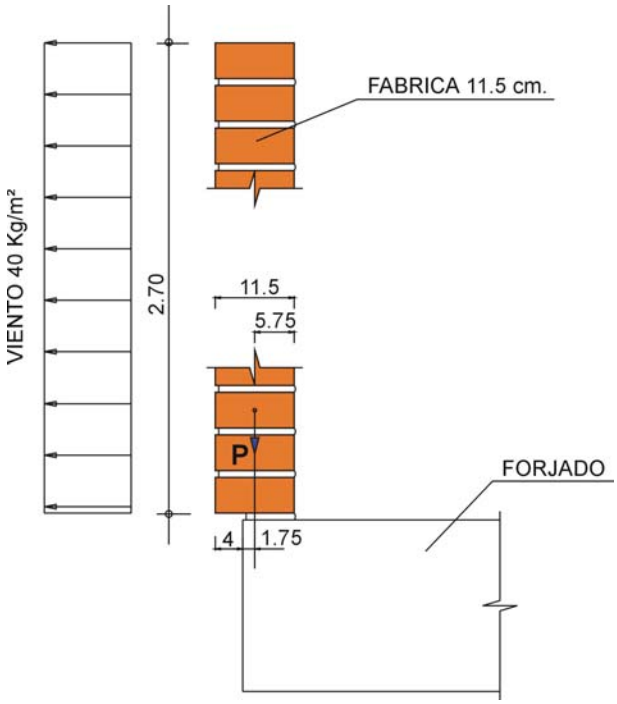
Desviación $\Delta = \pm 0{,}875$ cm. o lo que es lo mismo tolerancia T = 1,75 cm., cosa absolutamente imposible de conseguir y absurda de exigir (ver tolerancias de ejecución de estructuras).

Se ha extendido la reglilla de que para garantizar la estabilidad de un cerramiento es condición necesaria y suficiente con el apoyo de 2/3 del tizón, reglilla que no conocemos de donde ha partido y que en el caso de 1/2 pie resulta que el 1/3 restante coincide con la dimensión mínima para chapar los forjados con plaquetas. Si a esto le añadimos que los 2/3 de una sección rectangular (con dos lados infinitos) también coincide con la línea que es borde del núcleo central de la sección, parece que hasta existe algo de realidad en ella.

Si consideramos que en la estabilidad de un cerramiento, los esfuerzos de mayor entidad son los horizontales, siendo los verticales francamente pequeños, tenemos las razones para poder decir que el apoyo de 2/3 del tizón no es ni condición necesaria ni suficiente.

Si fuera condición necesaria, estaríamos hablando de conseguir tolerancia $\pm$ 0,00 en la ejecución de la estructura, o absorber la tolerancia con el “falseo”, “cobeo” de la planeidad y verticalidad de las fachadas. Falseo por otro lado muy limitado, por la existencia de esquinas. En la realidad se puede comprobar que en muchos puntos de las fachadas actuales no se produce dicho apoyo de los 2/3.

Como condición suficiente, para un cerramiento que exclusivamente su estabilidad estuviera confiada al apoyo en su pie, se tendría que verificar que la RESULTANTE de los esfuerzos, no sólo la componente vertical, pasase por el núcleo central, cosa que con cerramiento de ½ pie y alturas normales, no ocurre nunca:



Peso propia fábrica 210 Kg/m^2.
P= 210 x 2,70 = 567 Kg/m.l.

Momento de vuelco

$M_v = Q \frac{H}{2}$ | Q =40x2,70 Kg/ml; H = 270 cm.

$M_v = 108 \frac{270}{2} = 14.580$ cm Kg/ml

Momento estabilizador:

M_e = P.e = 567 x 1,75 = 850 cm Kg/ml.

Conclusión: No es condición suficiente el apoyo de 2/3 del tizón.

Deducimos de lo anterior, además de la invalidación de la reglilla mencionada, que tiene que haber o crearse otros mecanismos que garanticen la estabilidad de los cerramientos.

La aportación que, por otra parte, hace el borrador del CTE para fijar la forma de apoyo del cerramiento, tampoco resuelve dudas: "*Las piezas se asentarán y se aparejarán según las especificaciones del proyecto*" y "*Los muros de revestimiento se enlazarán a la estructura portante según las especificaciones*".

5.3 SOBRE LAS JUNTAS.

5.3.1. **Juntas verticales.**

Más que sobre las juntas en sí debemos hablar de la distancia entre ellas y de los elementos que las condicionan. Sobre este punto, tanto en las Normas como en la bibliografía, hay para todos los gustos.

La NBE-FL-90, heredera de la antigua MV 201, considera distancias entre juntas de dilatación en función del mortero utilizado del orden de 40 a 50 m. en clima marítimo y 30-40 m. en clima continental, distancia entre juntas determinada para fábricas estructurales y con los morteros bastardos de hace años, actualmente en desuso.

El EC-6 Parte 2 fija como máximo juntas cada 12 m, en paños centrales y cada 6 m. en los paños que tengan limitada la libertad de movimiento, tales como las esquinas, cifras iguales a las que recoge el borrador del CTE.

La NTE-EFL de muros de fábrica resistentes, siguiendo a la MV-201, considera 40 m en clima continental y 50 m. en clima marítimo.

La NTE-FFL que hace una mezcla sin distinguir entre muros resistentes y cerramientos de fachada, se limita a indicar que se mantendrán las juntas estructurales del edificio en el cerramiento.

Sobre las juntas verticales encargadas de absorber tanto las dilataciones, térmicas y por humedad de las fábricas, como la retracción de las estructuras, estamos de acuerdo con las disposiciones del EC-6, si bien falta la determinación de juntas por disposiciones constructivas, también necesarias, como por ejemplo: encuentro de fábrica sobre voladizo con fábrica sobre apoyo continuo, fábricas con directriz curva, cambios de espesor, etc.

5.3.2 **Juntas horizontales.**

Si tenemos en cuenta que la NBE FL-90 se refiere a fábricas de ladrillo como muros de carga, donde los forjados se apoyan en ellos en íntima conexión, huelga decir que no se trata en ningún punto sobre juntas horizontales entre las fábricas y los forjados.

Por lo anterior parece difícil abstraer a los cerramientos de ladrillo de esta situación, dado nuestro hábito de verlos íntimamente ligados a los forjados. De ser portantes han pasado a ser portados y, por lo tanto, su tratamiento ha de ser como el de cualquier cerramiento constituido por paneles (con las características propias del material de que están compuestos estos paneles).

Hay que cambiar el "chip" y verlos como un muro prefabricado o más bien como un muro cortina. Con la solución de cerramiento tradicional es muy difícil imaginar la posibilidad de realizar juntas horizontales de dilatación, dadas las implicaciones que tendría en el actual sistema.

La NTE-FFL dice literalmente "*Entre la hilada superior del cerramiento y el forjado o elemento horizontal de arriostramiento se dejará una holgura de 2 cm. que se rellenará posteriormente (retacará), al menos transcurridas 24 horas, con mortero de cemento"*. Esta recomendación está encaminada precisamente en sentido contrario a dejar junta entre la fábrica y el forjado, recomendando el retacado posteriormente a que se haya producido la merma o el asiento del mortero de la fábrica levantada.

Como se puede observar, la NTE-FFL dedicada a Cerramientos de Fábrica se preocupa de la estabilidad al vuelco de su fábrica, pero ignora, ¿elude? la circunstancia de las deformaciones de la estructura donde se encuentra, o da por supuesto que es prácticamente indeformable, así como las dilataciones de las fábricas, olvidando la junta horizontal necesaria; junta en este caso de doble función, de movimiento para la estructura y de dilatación para la fábrica.

Podemos indicar que a nadie se le ocurre retacar un panel prefabricado contra el forjado inferior y superior. ¿Por qué la fábrica sí?.

Es cotidiano encontrarnos artículos de revistas, normas o libros de construcción que colaboran inadvertidamente al desconcierto existente sobre la estabilidad de las fábricas de cerramiento, a saber:

- Es corriente leer frases como "*La hoja exterior del cerramiento se coloca EMPOTRADA entre los soportes a ambos lados, y arriba y abajo, entre los forjados de las estructuras porticadas"* cuando se está hablando de estabilidad horizontal de la fábrica. La palabra empotrada le da al lector una idea de unión muy rígida (por otro lado de difícil materialización, más bien se refiere a confinada). Hacemos los mismos comentarios que para la NTE-FFL.

- La Norma NTE-FFL como se ha comentado dice "*No será necesario el cálculo……. cuando la fábrica esté anclada en sus cuatro bordes*" sin especificar como será el anclaje, pero en los dibujos y definiciones del cerramiento deja muy claro que se retacará con mortero contra el forjado superior.

- La NTE-FFL habla solamente de fábrica de ladrillo, olvidando la interacción con la estructura donde está instalada. Hay que indicar también que esta norma habla de anclar, pero no especifica el tipo de anclaje. En la época que se editó y aún hoy en día en España, los anclajes por carriles y garras son los absolutos desconocidos en la obra y para muchos proyectistas.

- Es normal encontrarse con artículos sobre estructuras, que defienden con lógica y razón matemática la necesidad de independizar la coronación del cerramiento de los forjados, creando una junta que permita al forjado tomar las flechas diferidas que indefectiblemente se producen, sin apoyarse y, por tanto, sin cargar sobre los cerramientos. Evidentemente el autor no nos explica cómo conseguir la estabilidad al vuelco del cerramiento que se queda libre en su borde superior.

- Y si el artículo trata de los problemas de dilatación higrotérmica de las fábricas, nos demostrará con claridad la barbaridad que es "empotrar", confinar las fábricas contra los pilares y forjados, con las posibilidades de pandeo lateral de la misma y sus fisuras verticales u horizontales correspondientes. Solución: pasar por delante de los pilares y junta horizontal ¿Y el viento? ¿Y el sismo?

- Si nuestra lectura es un artículo referente a la impermeabilidad y drenaje de los cerramientos, nos encontraremos con un dibujo que nos indica la necesidad de colocar una lámina (generalmente bituminosa) que recogerá el agua de infiltración y posible condensación, expulsándola al exterior por unas llagas previamente dispuestas sin rellenar. Si esta lectura la hacemos después de haber leído otro artículo referente a la estabilidad al viento donde se indica que los cerramientos han de transmitir los esfuerzos horizontales de presión y succión a la estructura, por lo que la adherencia de la fábrica al soporte ha de tener el rozamiento adecuado, nos quedamos meditando sobre el grado de

reblandecimiento del betún de la lámina, el rozamiento del mortero con la misma, la existencia de un apoyo de sólo 3 cm. por ejemplo y todo sin contar con que se recomienda darle pendiente al asiento de la lámina.

Hemos de decir que en los cerramientos de fábrica de ladrillo todos los técnicos hablamos de juntas verticales para permitir la dilatación longitudinal de los mismos. Sin embargo, inexplicablemente y en contra de las leyes físicas, es muy escaso el número de los mismos que hablan de la dilatación en altura de las fábricas y, por consiguiente, de las juntas horizontales.

Partiendo de que los ladrillos son un material prácticamente isótropo y, por lo tanto, dilata en las tres dimensiones (en éstas influye el procedimiento de fabricación) las fábricas también, con la única diferencia de que el número de tendeles es entre tres o cuatro veces mayor que el de llagas, según el grueso del ladrillo.

También hay que decir que este "olvido" de las juntas horizontales no es porque no se conozca el fenómeno, tanto de la dilatación de los ladrillos como de flexión de los forjados, sino interesado, porque desbarata el procedimiento de diseño de fábricas confinadas entre forjados.

6. LAS SOLUCIONES PROYECTADAS

6.1 LAS INDEFINICIONES Y LAS SOLUCIONES NO SATISFACTORIAS

En los proyectos de edificación con cerramientos de ladrillo visto, rara vez hay más información escrita que la que se desprende de la definición que identifica la unidad de fábrica de cara a la medición, limitándose a designar el grueso del ladrillo, el tipo de mortero y, si está de moda, el ancho del tendel y la llaga, así como el fabricante del ladrillo en boga.

En la parte gráfica, normalmente en la sección vertical general, se intuye la disposición del cerramiento y más escasamente en detalles, a una escala mayor, una sección vertical por hueco y peto de cubierta. En la generalidad este detalle está basado en el dibujo teórico de la NTE-FFL respecto a la estabilidad vertical, considerando que los esfuerzos horizontales son transmitidos a la estructura por los cuatro bordes del muro, en lugar de por otros mecanismos.

En los planos de plantas de distribución o de arquitectura se dan dos casos: En el primero y mayoritario, los pilares aparecen representados interrumpiendo la continuidad de la fábrica y dejando el grueso para ser chapados con plaquetas, bien con el objeto de confinar la fábrica o bien por pretender que la mocheta producida por el pilar en el interior sea la menor posible. En el segundo caso, los pilares aparecen permitiendo el paso por el exterior de todo el grueso de la fábrica.

Consecuencia del primer caso, es la probabilidad de fisuración de la fábrica a uno u otro lado del pilar, por retracción de la misma y ser éste el punto más débil, probabilidad elevada, puesto que generalmente no existen juntas verticales. Asimismo, existirá la probabilidad de pandeo lateral de la fábrica entre pilares en función de la luz y de la dilatación de la misma. En el segundo caso nos encontraremos con fábricas sin arriostrar en toda la longitud de la fachada y, si hay junta vertical, con este borde libre.

En los planos de estructura, que generalmente son planos de escuadrías y de armado careciendo de cotas de replanteo, los pilares están representados paramentados con los forjados, induciendo al caso primero de los planos de arquitectura ya comentados.

Es de destacar la ausencia de preocupación por los temas que se han desarrollado en este documento, como:

a) Ausencia de memoria de cálculo de los cerramientos a esfuerzos horizontales, dando por supuesto lo expresado por la NTE-FFL referente a los 3 m. de altura, pero siendo normal encontrarse con fábricas de 4 - 5 y más metros de altura sin ningún tabique de arriostramiento transversal (para evitar las humedades por capilaridad y de condensación por puente térmico) ni anclajes metálicos a los mismos. Sean las fábricas de la longitud que sean, no tienen arriostramiento.

b) Ausencia de planos con situación de juntas verticales por dilatación y disposiciones constructivas.

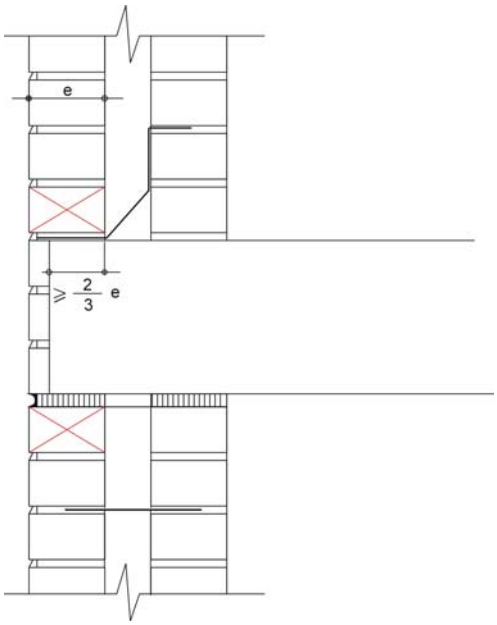
c) Ausencia de juntas horizontales, de movimiento, para permitir la flexión diferida de los forjados o el desplazamiento por dilatación del forjado de cubierta, y la dilatación vertical de las fábricas.

d) Ausencia total de referencia a las tolerancias de ejecución de la estructura y de las fábricas y/o de los elementos que hicieran compatibles tales tolerancias y garantizaran la estabilidad vertical.

La conclusión es que no hay proyecto técnico del cerramiento de fachada, bien por creencia que su ejecución es regla de buena práctica o, lo más probable, por ignorancia para lograr una solución satisfactoria que impida la posibilidad de incurrir en patologías de muy graves consecuencias.

6.2 LOS DIBUJOS TEÓRICOS

Nos referimos a la colección de dibujos que ruedan sobre este tema, en particular el paso de una fachada de ladrillo cara vista por un forjado, donde se ve lo que cada autor quiere resolver, pero se escapan o eluden otros muchos aspectos que su dibujo no resuelve. Estos dibujos han dado carta de validez a un sistema que consideramos erróneo y son los que nos encontramos en la generalidad de los proyectos.
Pongamos unos ejemplos cogidos al azar:



Dibujo nº 1

Dibujo nº 1

a) En el dibujo se recomienda o impone que el apoyo sobre el forjado sea ≥ 2/3 e. Como el dibujo, a pesar de acotar de forma genérica el grueso del muro como "e" se entiende que es el tizón de un ladrillo (en el texto descarta el ladrillo inglés de 9 cm.), luego sólo puede ser 11,5 ó 13,5 (métrico o DIN). En el caso del métrico, ya hemos hablado sobradamente de los apoyos y en el DIN queda una tolerancia de 0,5 cm. para la ejecución de la estructura y la fábrica, considerando como mínimo necesario para el aplacado 4 cm. En el métrico la tolerancia sería ± 0,00.

La conclusión es que si es condición el apoyo de 2/3 del tizón, para tener una tolerancia en la ejecución de la estructura y de la fábrica de sólo 4 cm. ($\Delta = \pm 2$ cm.), "e" tenía que ser 24 cm.

b) Nótese como cuadra el canto del forjado con múltiplo de gruesos de ladrillo más tendel, cosa que prácticamente no se da en la realidad y puede tener mucha importancia.

Foto 1

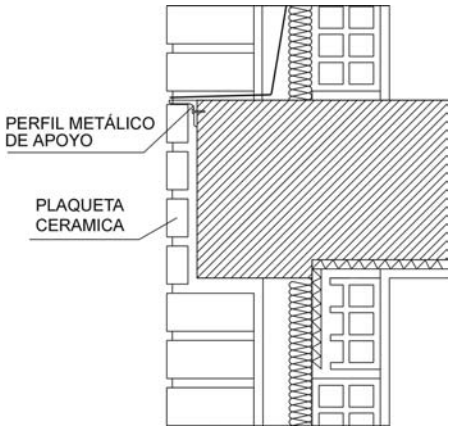
c) Como el tema sobre el que gira el dibujo es sobre la interacción estructura-cerramiento, efectivamente resuelve la flexión de los forjados y la dilatación vertical de las fábricas, introduciendo una junta horizontal entre forjado y fábricas. A cambio, para evitar el vuelco nos propone anclajes a otra fábrica de igual entidad, que aunque deseable, no es la realidad de nuestro país.

d) Nótese que queda una indeterminación en la fijación de las plaquetas, dejándolas a expensas de la adherencia mortero-hormigón. Esta indeterminación la resuelve dando unas recomendaciones, alguna de ellas no muy acertada, como la de colocar las plaquetas en el encofrado antes de hormigonar.

Las Normas B.S (British Standard) obligan a que todas y cada una de estas plaquetas estén fijadas con anclaje de acero.

Téngase en cuenta que esas plaquetas pueden tener un ancho de 4 + Tolerancia cm., y ya no son plaquetas son casi ladrillos completos, sin embargo en ningún dibujo se expresa esta realidad.

e) Nótese que el tendel que contiene la junta horizontal sería sensiblemente mayor que el resto.



Dibujo nº 2

Dibujo nº 2

a) Resuelve el apoyo con angulares. Se supone que de distinto calibre para absorber las tolerancias, pero el dibujo intuye el 2/3 y 1/3 y no habla en el texto de las tolerancias de ejecución.

b) Nótese como cuadran también para este autor el canto del forjado con el número de plaquetas.

c) Nótese como se nivela el angular con la cara superior del forjado. Ello conlleva utilizar angulares de lados desiguales para poder fijarlos por debajo de la armadura superior de la viga (armadura que no está representada) y que estará en el orden de los 4 - 5 cm por debajo; el taco de anclaje por la condición de separación a los bordes de hormigón, no puede estar por encima de la misma. En rigor, habría que determinar (y difícil determinación) cuánto se apoya la fábrica en el hormigón y cuánto en el angular, con una fijación relativamente flexible. Habría que tener en cuenta que si no hay un mecanismo que impida el vuelco al cerramiento, éste no es estable ni apoyando la totalidad del tizón y, que de contar con dicho mecanismo la carga del cerramiento se iría al material más rígido, en nuestro caso el hormigón del borde del forjado.

d) También, como resultado de la nivelación del angular con la cara superior del forjado y que las plaquetas no sean submúltiplo del canto del forjado, el retacado inferior será superior a los 2 cm. y si la fábrica tiene que enrasar con algún vuelo, balcones, terrazas, cuerpos volados, etc., tendremos un tendel de 3 ó 4 cm. en esta zona. Para evitar esto, lo normal es enrasar la fábrica a la cara inferior del forjado, por lo que el angular no coincidirá en la generalidad con la cara superior.

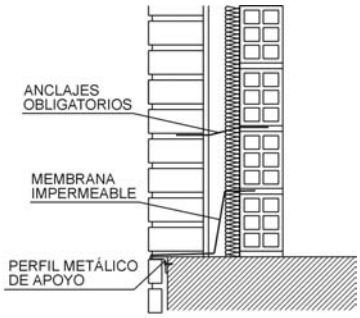
e) Nótese que se prescinde de la realidad de que las vigas tienen impedida su flexión, cargando en los cerramientos, así como de la dilatación de las fábricas.

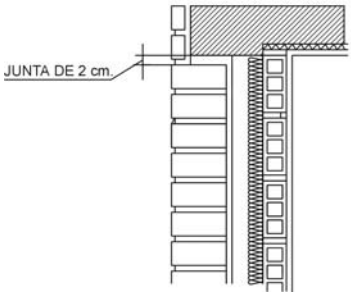
Dibujos nº 3 y nº 4.

a) El primero indica la obligatoriedad de anclar la hoja exterior de ladrillo visto a la hoja interior de tabicón.

b) Nótese que, de no colocar un elemento separador exprofeso entre el aislamiento y la hoja exterior, el procedimiento constructivo para dejar cámara de aire sería tabicón-aislante-hoja exterior, con los consiguientes problemas de replanteo de huecos, remates y caídas de mortero en la cámara al ejecutar la hoja exterior. Por lo demás, los mismos comentarios que para el dibujo nº 2.

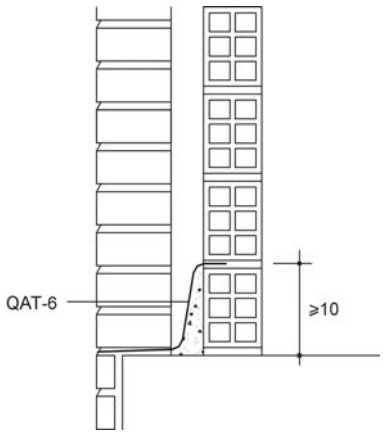
Dibujo nº 3





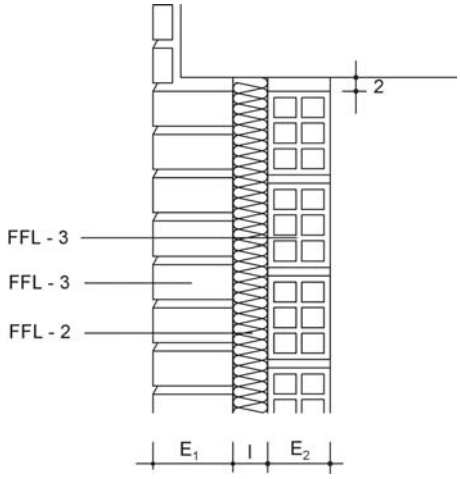
Dibujo nº 4

Dibujo nº 5



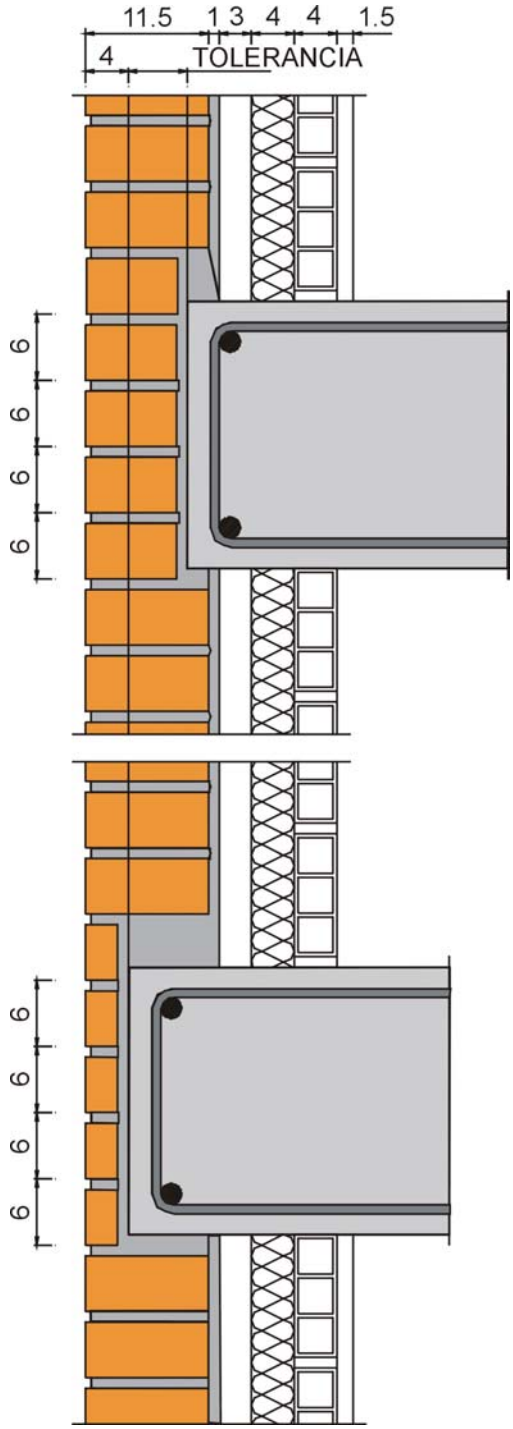
Dibujos nº 5 y nº 6.

Dejan indeterminado en realidad, y a decisión del proyectista, el apoyo y la dimensión del espesor de las plaquetas y no considera la flexión del elemento de apoyo. Valen los mismos comentarios del apartado a) del dibujo nº 1 y de los apartados b) y d) del dibujo nº 2.



Dibujo nº 6

La reiteración de estos dibujos ha creado la ficción de que su materialización es posible, y además en todos los puntos de la obra, lo cual dista mucho de ser verdad.



Exponemos en la figura adjunta lo que nosotros creemos más fiel reflejo de la realidad y el resultado de llevar a ejecución lo actualmente proyectado en la mayoría de las obras del país que se realizan con fachadas de ladrillo cara vista y en base a los dibujos antes expuestos.

A esta figura se le deben añadir situaciones de ventanales corridos y petos de cubierta.

Los bordes de los forjados estarán entre las dos líneas que definen la tolerancia correspondiente a la estructura.

En las zonas del norte, sí hay costumbre de colocar lámina antihumedad en las cámaras.

Nótese que el forjado no es múltiplo en la generalidad de plaqueta + tendel, lo que origina un grueso de 3 - 4 - 5 cm. de mortero para el asiento de la siguiente hilada (depende del ladrillo utilizado). Las plaquetas tienden a dilatar y el mortero a retraer (ver foto 1). Con la succión del viento la fábrica si no está anclada en su trasdós tiende a apoyarse en las plaquetas.

La estabilidad de las plaquetas es más bien por apoyo en la fábrica inferior que por adhesión al forjado.

No se permite la flexión de las vigas cargándose sobre los cerramientos. A mayor luz mayor carga.

No se permite la dilatación de las fábricas.

Los apoyos de las fábricas son aleatorios respondiendo a las tolerancias de ejecución de las estructuras.

En la ejecución de las fábricas se falsea “cobea” la planeidad y verticalidad (dentro de lo posible, ya que no hay mucho juego por las esquinas) para encajar la fábrica entre los forjados.

Si las fábricas arrancan sobre solera o muro se convierten en muros de carga con riesgo claro de pandeo (ver foto 2).

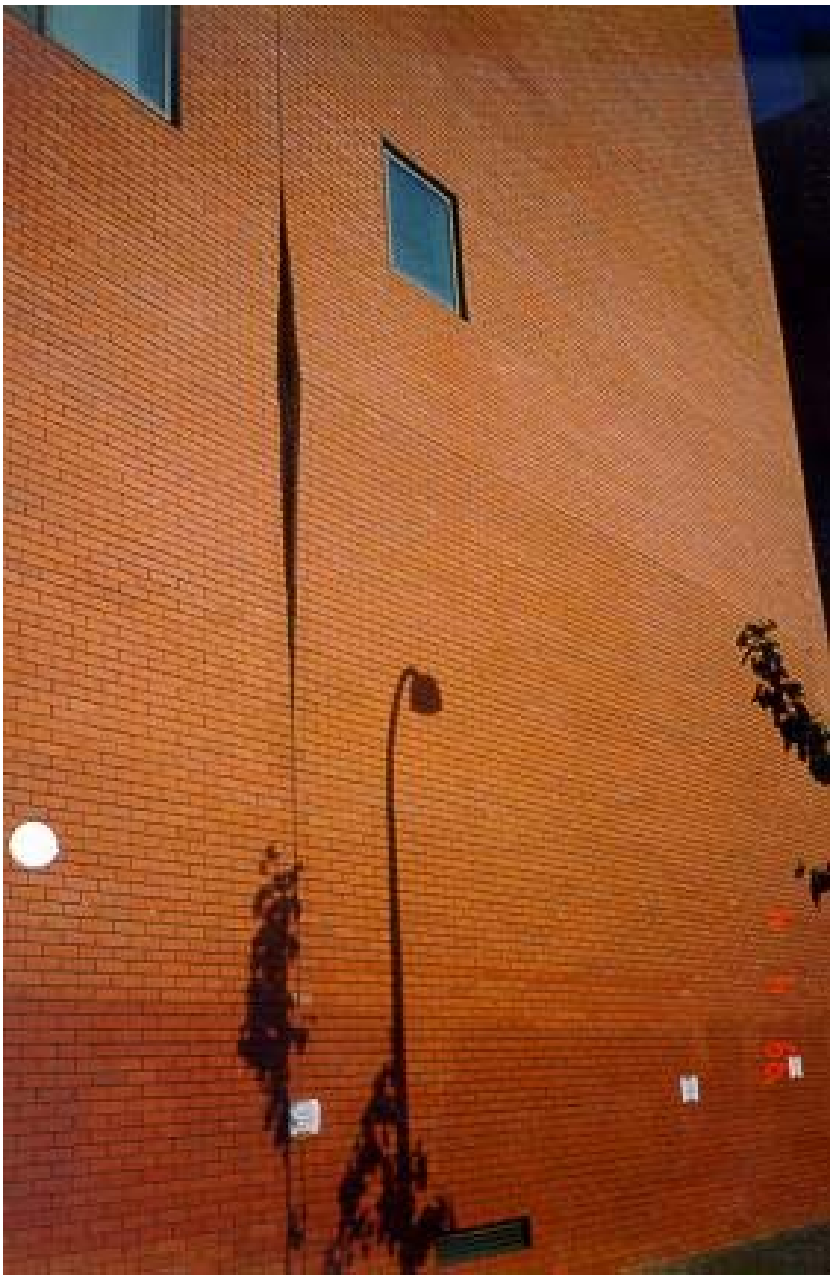


Foto 2

Si la dilatación de las fábricas por temperatura y por humedad es importante, se incrementa el riesgo de pandeo de las fábricas y/o de las plaquetas (ver foto 3).

Foto 3

7. QUÉ HACER

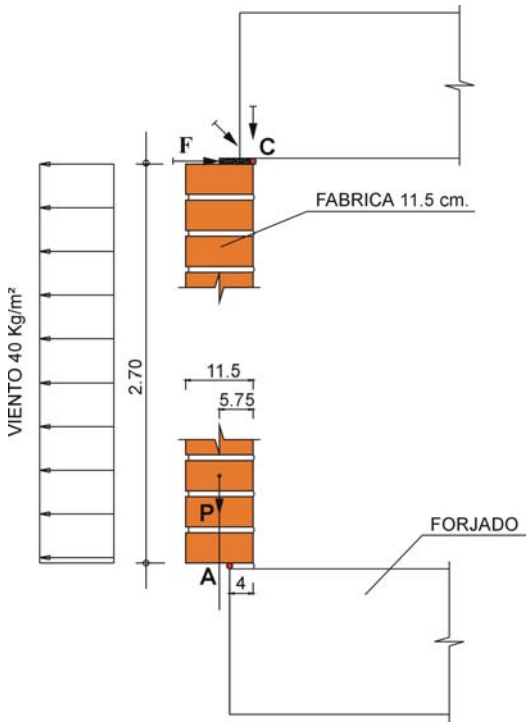
7.1 PRIMERO: SABER QUE HAY FACHADAS QUE SE CAEN

Es evidente que se han construido no miles, sino millones de metros cuadrados de fachadas con estos criterios y, en honor a la verdad, el número de caídas o desplomes (otra cosa son las fisuras) ha sido relativamente pequeño mirado desde la precariedad técnica de los criterios con que se han construido, existiendo el 50% aproximadamente de las fábricas que apoyan en el forjado menos de la mitad del tizón del ladrillo, y como diría el Encargado: *"¡Ahí están y no se caen!"*

Intentaremos explicar esta pequeña paradoja.

Sea una fachada tipo, apoyada en un forjado y retacada en el superior, con una acción de viento de 40 Kg/m^2 y una altura de 2,70 m. entre forjados. Estudiemos una longitud unidad de dicha fachada ciega apoyada solamente 4 cm., caso muy corriente en la realidad.

En nuestro criterio, lo que ocurre es lo siguiente:



Peso propia fábrica 210 Kg/m^2.
P= 210 x 2,70 = 567 Kg/m.l.

Momento de vuelco

$$M_v = P.e. + Q\,\frac{H}{2}$$

P = 567 Kg/ml.
e = 1,75 cm.
Q =40x2,70 = 108 Kg/ml
H = 270 cm.

$$M_v = 567 \text{ x } 1{,}75 + 108\,\frac{270}{2} = 15.572 \text{ cm}\,{}^{Kg}\!/_{ml}$$

Momento estabilizador

$$M_e = F.H$$

H = 270 cm.

$$M_e = M_v = F \text{ x } 270 \Rightarrow F = 57{,}67 \text{ Kg/ml.}$$

En este punto tenemos que decir que no es solo el efecto de un esfuerzo cortante puro F el que se produce en el encuentro con el forjado superior, sino también un acodalamiento al intentar volcar el cerramiento ya que, en el giro respecto del punto A, la línea diagonal A-C es mayor que la altura entre forjados.

A este pequeño razonamiento estático hay que añadir los efectos de arriostramiento que tienen los paños perpendiculares de los entrantes y salientes de la fachada, que colaboran a la estabilidad, así como la ejecución de abajo arriba de la misma, lo que colabora a una mayor capacidad de rozamiento entre la fábrica y el forjado superior en las zonas de vano (no así en las inmediaciones de los pilares).

La aparición de este rozamiento en el sistema de fuerzas es para nosotros la explicación de la paradoja del por qué no se caen las fachadas ciegas. Otra cosa es hablar de los petos de ventana corridos a todo lo largo de la fachada, pues esto entra dentro de la ciencia-ficción, o que es falso que los morteros no pueden trabajar a tracción como dice la Norma.

En este mecanismo de estabilización, tenemos las siguientes incertidumbres:

- La acumulación de cargas en el cerramiento, debida al procedimiento constructivo de la fachada de abajo arriba.

- Las cargas que provienen de la flexión diferida de los forjados, al apoyar sobre el propio cerramiento.

- El funcionamiento como verdadero muro de carga, si su arranque es sobre elemento indeformable (solera, muro, etc.).

- La casuística de forjado superior e inferior de distinta flexibilidad, cargas de uso y concargas.

- Las cargas originadas por la dilatación térmica y por humedad, al estar las fábricas confinadas.

Todas las cargas y esfuerzos anteriores son de muy difícil o imposible evaluación, lo que genera demasiadas incertidumbres, y de un rango tal, que nos obliga a reconsiderar y revisar la ejecución de este tipo de cerramientos, que son la generalidad en nuestro país.

7.2 SEGUNDO: CONOCER LOS RIESGOS

A título meramente indicativo, y sin carácter ni mucho menos exhaustivo, se enumeran a continuación una lista de patologías generadas por la dilatación higrotérmica de los ladrillos.

1.- Fisuras en esquinas a ½ pie (grueso del cerramiento)

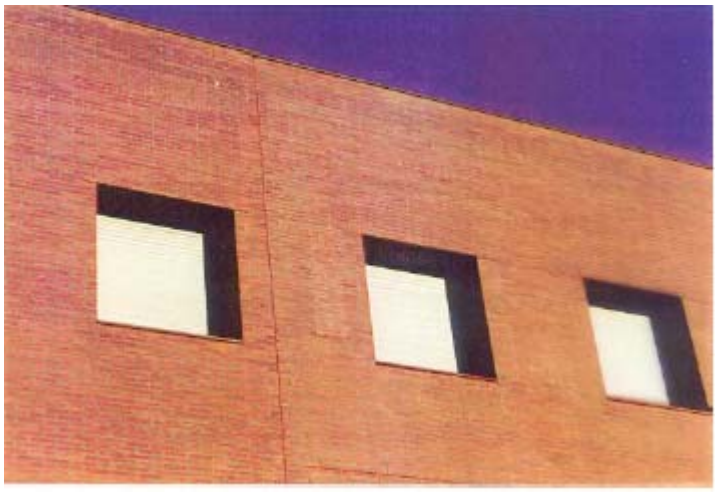
2.- Pandeo de las plaquetas con abombamiento en los cantos de forjado.

3.- Fisuras de desgarro en el tabique de cámara alrededor del marco de la ventana.

4.- Cizalladura en las sogas de los ladrillos, desconchándose prácticamente toda la soga.

5.- Fisuras verticales en jambas de ventanas si la fábrica vuelve formando la jamba.

6.- Juntas de dilatación comprimidas (masilla convexa).



7.- Fisuras bajo cargaderos metálicos

8.- Desplazamiento de la fachada hacia fuera dejando huecas las plaquetas (se suele confundir la consecuencia con la causa, tal como achacarlo a que se ejecutó poco apoyada en el forjado).

9.- En petos de cubiertas, cizalladura horizontal en la hilada de apoyo en el forjado con inclinación hacia abajo al llegar a la esquina (se suele achacar a dilatación del forjado de cubierta).

7.3 TERCERO: APLICAR LAS REGLAS DE BUENA PRÁCTICA

Analizados los problemas inherentes a los sistemas de cerramiento de fábrica de ladrillo actualmente implantado, consideramos que una posible alternativa, que diera respuesta a los problemas enumerados de la solución tradicional, sería la solución de ladrillo pasante por delante de la estructura, con una subestructura complementaria de sujeción de la fábrica.

Los principios en los que el técnico responsable del diseño debiera apoyarse para el desarrollo y adecuación de esta solución a las exigencias específicas de su proyecto, serían básicamente los siguientes:

- Lograr la independencia entre la estructura del edificio y la fachada, con el objeto de reducir las interacciones entre ambos sistemas, concretamente la incidencia tanto de las deformaciones de los elementos estructurales sobre la fachada de ladrillo, como las variaciones dimensionales de esa fachada por cambios higrotérmicos sobre la estructura y sobre sí misma.

- Realizar el anclaje adecuado y suficiente de la hoja de ladrillo a una subestructura, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

  Apoyo horizontal suficiente de la hoja exterior de ladrillo.

Limitación de la flecha en valor absoluto, en caso de que la subestructura esté rígidamente unida a la estructura del edificio.

Anclaje de la misma hoja, tanto en su línea de apoyo como en líneas verticales, sobre todo en sus propias juntas de dilatación.

Protección antioxidante de la subestructura, si es metálica, llegando al uso de acero inoxidable en climas húmedos.

- Establecer las necesarias juntas de dilatación:

  Verticales, aprovechando puntos débiles (antepechos, por ejemplo) o en centros de paños ciegos.

  Horizontales, coincidiendo con líneas de forjado; conviene recordar que estas juntas son importantes para evitar pandeos por dilatación. Teniendo en cuenta la dificultad de su ejecución, se procurará limitar su número.

  En cualquiera de los dos casos, es importante asegurar los anclajes de retención de la hoja de ladrillo en las juntas.

- Realizar un trasdosado interior de mortero, incluso con posible armadura sintética, para:

  Reforzar la hoja ante presiones de viento.

  Mejorar el efecto esponja, que permite retener el agua de infiltración y evitar que chorree por el interior.

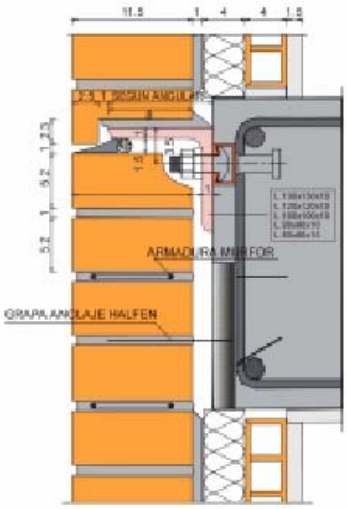
- Reforzar los tendeles con armadura, sobre todo en esquinas, en dinteles y en otros puntos débiles.

- Erradicar la lámina impermeable en apoyos, que no cumple ninguna función constructiva, excepto en los casos de cámara de aire ventilada de verdad.

- Incluir rejillas de ventilación si se pretende que haya cámara de aire ventilada; la ventilación por llagas abiertas, no funciona, ya que se colmatan fácilmente.

- Asegurar la continuidad de aislante, si lo hay, por delante de los elementos estructurales, lo que además ayuda a materializar la independencia entre estructura y cerramiento.

Para mejorar la comprensión de estos principios, algunos de ellos se esquematizan en la figura adjunta, existiendo ya en el mercado soluciones que los recogen con bastante fidelidad.



Estas soluciones deben responder satisfactoriamente a puntos como los siguientes:

1) Ser viables, para ello han de estar dotadas de los mecanismos adecuados para absorber la tolerancia de ejecución de la estructura de forma que el apoyo sea conocido y garantizado.

2) Estar garantizada y conocida sin incertidumbres su estabilidad en las peores situaciones que se prevé pueden darse (viento y sismo).

3) Estar dotadas de la independencia suficiente de la estructura para permitir tanto los movimientos de ésta (flechas, asientos diferenciales, etc.) como los de aquellas (dilataciones) mediante el establecimiento de juntas verticales y horizontales.

4) Que los paños se puedan arriostrar.

5) Que el sistema sea versátil y estándar.

6) Que se puedan realizar todos los tipos de fachadas, sin cámara, con cámara de aire e incluso ventiladas, drenadas y sin drenar.

7) Que el procedimiento constructivo, en todos los casos, sea de fuera a dentro.

8) Ser económicamente viables. El coste de la subestructura necesaria para apoyo y amarre de la fachada sin ser desdeñable es comparable con cualquier solución que utilizamos para otros tipos de cerramientos, paneles tanto metálicos como de composites, aplacados, etc. Evidentemente, el coste es mayor que el de las fachadas tal y como se construyen en la actualidad, pero partimos de que dos unidades para ser comparativas económicamente, ambas han de ser solución correcta, puesto que si una de ellas no es solución al problema, no es ni barata ni cara, simplemente no es válida.

9) Que no queden indeterminaciones de inestabilidad para ningún elemento de las mismas.

Después de todo lo dicho consideramos no obstante de interés, mientras no cambie la situación actual, plantear una serie de requisitos exigibles para la adecuación de la solución tradicional a fin de reducir el riesgo real de aparición de patologías como las aquí expuestas.

Estos requisitos los dividiremos según correspondan a la fase de diseño o a la de ejecución. Son los siguientes:

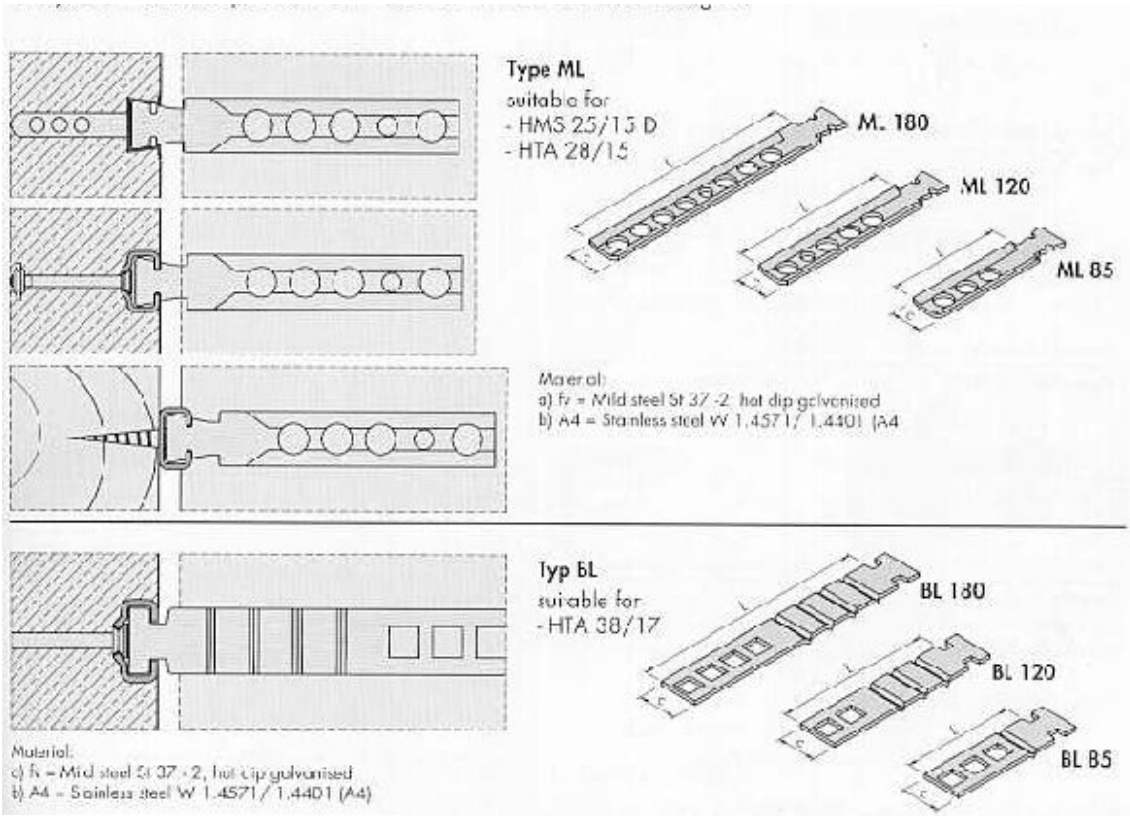
En el diseño.

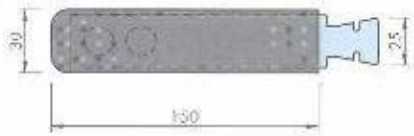
a) Se proyectará la estructura de forma que la relación luz/canto en los elementos portantes de la fachada no sea superior a 20. En caso contrario será necesario hacer un análisis de compatibilidad de deformaciones entre estructura y cerramientos.

b) No se confinarán las fábricas entre pilares, la fábrica en todo su espesor pasará por delante de los mismos y se anclará a ellos con elementos específicos para este fin. Se tendrá en cuenta el sistema de anclaje especialmente cuando la fachada apoye sobre voladizos, separada de los pilares y sin otros sistemas de arriostramiento.

c) Se proyectarán juntas de dilatación verticales como máximo a 10-12 m en paños rectos y 6 m a las esquinas. Se dimensionarán las juntas considerando la dilatación por humedad de la cerámica tanto reversible como irreversible, más la dilatación térmica con un coeficiente 6×10^{-6} º C, más la previsión del propio material de junta comprimido. En las fábricas curvas se reducirá la separación entre juntas verticales a 6 m.

d) Los bordes de las juntas se anclarán a la estructura con elementos específicos para este fin, que deberán permitir los movimientos horizontales de la junta en el plano de la fábrica.





Type: MLQ - D	Type: MLQ - E (single sided)	Type: ML - S	Head shape suitable for channel
b (300) L (85 - 120 - 180) Fz Fq (standard dimensions [mm]) 25 x 3	b1 (150) (25,25,25) L (85 - 120 - 180) Fz Fq 25 x 3	L1 (300 - 350 - 400) Fz Fq 22 x 3	25/15, 28/15
Type: BLQ - D	Type: BLQ - E (single sided)		38/17
b (300) L (85 - 120 - 180) Fz Fq (standard dimensions [mm]) 30 x 3	b1 (150) (25,25,25) L (85 - 120 - 180) Fz Fq 30 x 3		
Type: BLQ - D - 40/22	Type: BLQ - E - 40/22 (single sided)		40/22
b (300) L (85 - 120 - 180) Fz Fq (standard dimensions [mm]) 30 x 3	b1 (150) (25,25,25) L (85 - 120 - 180) Fz Fq (standard dimensions [mm]) 30 x 3		

Elementos tipo de anclaje

e) Se dispondrán las juntas necesarias por disposiciones constructivas (cambios de espesor de la fábrica, voladizos ortogonales, diferencias de altura notables en tramos del mismo paño etc.).

f) Los paños con altura entre forjados superiores a 3 m. necesitarán cálculo de estabilidad.

g) Se diseñarán y calcularán los dinteles y cuelgues.

h) Se comprobará la estabilidad de los petos.

i) Se diseñará la cubierta de forma que se eliminen los empujes horizontales debidos al mortero de pendientes y al solado si existe, disponiendo las juntas adecuadas (el material utilizado para formar la junta se ha de eliminar).

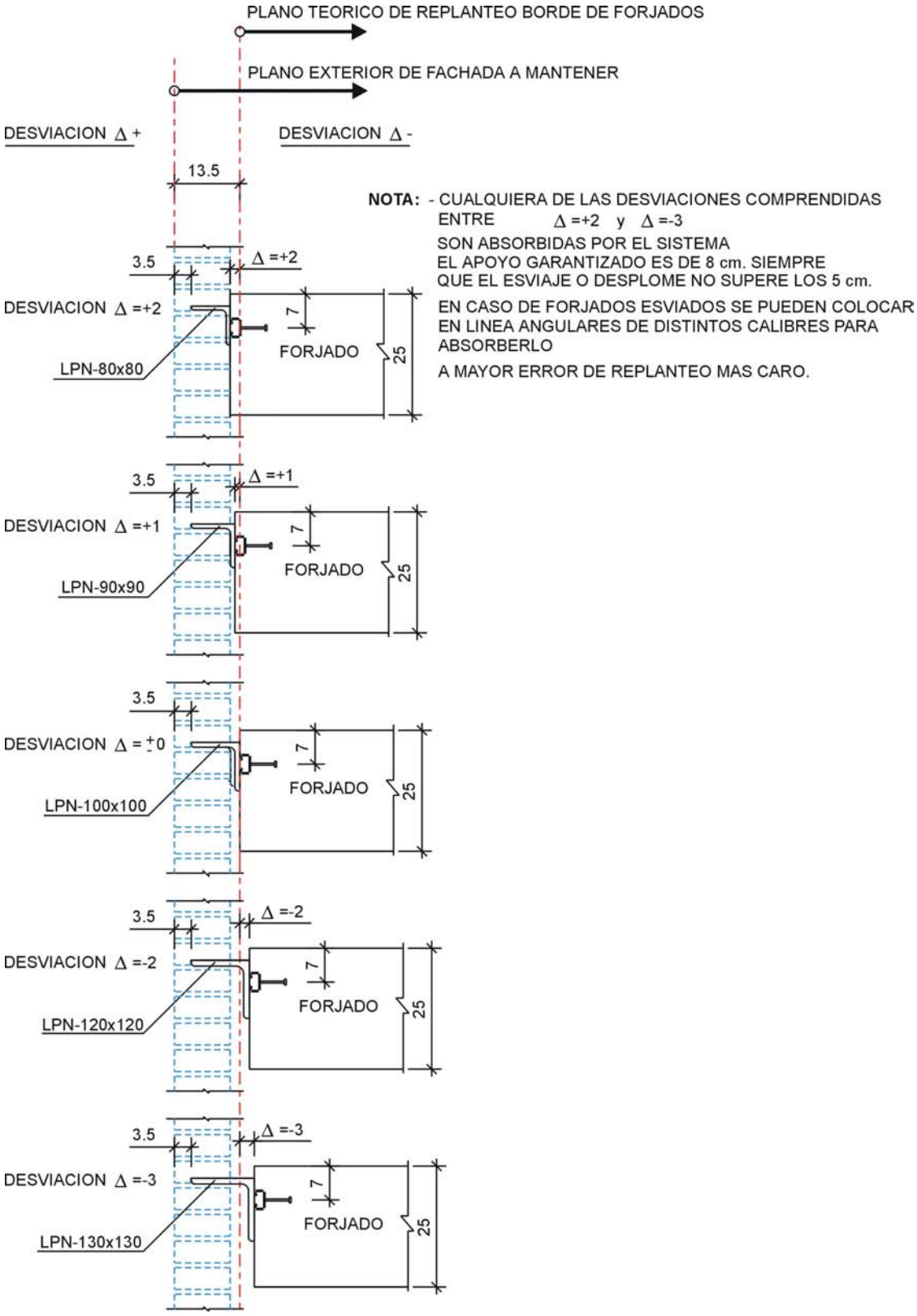
j) Se dispondrán albardillas generosas, mejor aleros.

k) En caso de que las fábricas arranquen en planta baja sobre muros u otros elementos de especial rigidez, a fin de evitar la transmisión de cargas a ellos, se dispondrá junta de dilatación a la altura del forjado de primera planta.

En la ejecución.

a) Se replantearán todos los forjados respecto del primero, a fin de evitar acumulación de errores.

b) Acabada la estructura, se tirarán plomos en esquinas y rincones en toda la altura del edificio y se colocarán (ver posible solución en la figura adjunta) los elementos metálicos o recrecidos necesarios para garantizar el apoyo de las fábricas en todos los forjados un mínimo del 50% del tizón. Los elementos metálicos y su anclaje a la estructura deberán estar adecuadamente justificados por cálculo.



Esquema orientativo de recrecidos

c) Se recomienda hacer los detalles reales de las secciones a escala 1:2, tanto horizontales como verticales, por todos los huecos (carpinterías, cargaderos, persianas, alféizar, jambas, cámara, aislante, etc.)

d) Se hará el ensayo de dilatación por humedad de los ladrillos, se rechazarán los que tengan una dilatación superior a 0,4 mm/m, o bien se reestudiarán las juntas verticales y horizontales.

e) Se exigirá sello de calidad y ensayos recientes (menos de 6 meses) a todos los fabricantes. Para obras con más de 5.000 m^2 de fachada se harán los ensayos prescritos en el RL 88, con ladrillos de los primeros suministros.

f) En caso de utilizar ladrillos hidrofugados se especificará en el libro del edificio la necesidad de hidrofugar la fachada cada 8 años

g) Se rechazará el ladrillo que se fabrique con menor tizón de 11,5 cm.

h) Los ladrillos, salvo que sean hidrofugados, se humedecerán antes de ser colocados y se colocarán sin chorrear.

8 EPÍLOGO

Somos conscientes de que una solución de ladrillo pasante por delante de la estructura será difícil de aceptar hoy día por muchos de los intervinientes en el proceso de la edificación, pero estamos totalmente convencidos de que es necesario cambiar hacia esa línea si se quieren erradicar patologías como las aquí expresadas.

En la mayor parte de los casos, las buenas prácticas últimamente expuestas, no serán más que un paliativo para reducir el riesgo inherente al mantenimiento de la solución de fachada tradicional. Por fortuna existen en esta solución mecanismos favorables difíciles de cuantificar en el cálculo, pero que la naturaleza, llegado el caso, suele hacer uso de ellos. Pero no podemos considerar procedente, hoy día, la aplicación de una solución de riesgo incierto, al albur de que entren en función estos mecanismos.

No nos queda más que indicar que el objetivo esencial de este documento, no es otro que la aportación de información que ayude a esclarecer los problemas, potenciales y reales, que hoy presenta la solución de cerramiento de fachada con fábrica de ladrillo visto, para contribuir, dentro de nuestro limitado conocimiento, a la mejora de su comportamiento.

Por último, queremos agradecer las aportaciones y comentarios que nos han hecho llegar los profesores D. Juan Monjo Carrió y D. Josep Mª Adell, del Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la Escuela T. S. de Arquitectura – UPM, así como los de la Asociación Española de Fabricantes de Ladrillos y Tejas de Arcilla Cocida.