

ESTUDIO SOBRE LA ESTABILIDAD ESTÁTICA DE LOS CERRAMIENTOS DE LADRILLO CERÁMICO EN LA ZONA DEL FRENTE DE FORJADO. SOLUCIÓN MEDIANTE EL APOYO DE LA FÁBRICA EN ANGULARES METÁLICOS FIJADOS A LA IMPOSTA DEL FORJADO CON ANCLAJES MECÁNICOS HOMOLOGADOS.



Foto 1: Derrumbe de hoja exterior de cerramiento cerámico.

**MIGUEL ÁNGEL MORA MAÍZ**  
**Arquitecto Técnico**

I ANÁLISIS DE SOLUCIONES Y PATOLOGÍAS MÁS COMUNES	3
1.-INTRODUCCIÓN	3
2.-CAUSAS QUE ORIGINAN PATOLOGÍAS EN LOS CERRAMIENTOS	4
3.-ANÁLISIS DE LOS CERRAMIENTOS UTILIZADOS	8
3.1 Enteramente apoyado/ Soporte enrasado visto	8
3.2 Hoja exterior con apoyo en la estructura del edificio	9
3.3 Cerramiento autoportante	14
II ANÁLISIS DE NORMATIVA (VIGENTE Y ANTERIOR) Y DE OTROS ASPECTOS DE INTERES	16
1.- Introducción	16
2.- El Código Técnico de la Edificación. Documento Básico Seguridad Estructural de Fabricas. (CTE-DB-SE-F)	16
3.- Análisis Crítico de la Normativa y otros aspectos de interés	19
3.1 Tolerancia de Ejecución de una estructura de Hormigón	19
3.2 Las Características de las Fábricas y de los Materiales Constituyentes	21
3.3 La Estabilidad de los cerramientos en la normativa	22
3.4 Sobre Juntas	25
3.5 Situación real de los aplacados en el frente de forjado	27
3.6 Conclusiones	28
4.- Normativa de Aplicación en la solución propuesta	31
4.1 Normativa de Aplicación en la ménsula (producto tradicional)	32
4.2 Normativa de Aplicación en el Anclaje Metálico para uso en hormigón (producto Innovador)	34
III ESTUDIO DE MERCADO	36
1.- Introducción	36
2.-Mercado Nacional	36
3.- Mercado Internacional	37
3.1 Análisis de los sistemas de ménsula	39
3.1.1 Sistema Ancon	39
3.1.2 Sistema Halfen	43
3.2 Análisis de los sistemas de anclaje. Sistemas Hilti y Fischer	47
III CÁLCULO DE LOS ANCLAJES Y DEL ANGULAR	49
1.- Datos de Partida	49
1.1 Anclaje	49
1.2 Fabrica de ladrillo silicocalcáreo	52
1.3 Datos del angular	53
2.- Cálculos	53
2.1 Cortante	53
2.2 Tracción	54
2.3 Flecha del Angular	55
BIBLIOGRAFÍA	56

## **I ANÁLISIS DE SOLUCIONES Y PATOLOGÍAS MÁS COMUNES**

### **1.-INTRODUCCIÓN**

Los tipos de cerramiento exterior de fachada, utilizados en un edificio a lo largo de la historia, han ido evidentemente variando tanto en su configuración como en su ejecución.

De entre todos los materiales, los de fábrica, y en especial el ladrillo, han jugado, sin duda, un papel preponderante.

Tradicionalmente ha sido empleada, fundamentalmente, de forma masiva, logrando satisfacer mediante grandes espesores todas las exigencias funcionales requeridas, como las de estanqueidad al agua, capacidad resistente, aislamiento, etc.

Hoy día, aunque el empleo de materiales de fábrica sigue siendo del agrado de muchos técnicos y profesionales de la construcción, los cambios producidos en la edificación (por condiciones de confort, motivos económicos, modas,...) han motivado que existan diferencias en cuanto a su uso.

Los cambios más importantes en relación con el análisis que nos ocupa, la estabilidad estática de los cerramientos de fachada de fábrica, son los siguientes:

- El traspaso de la misión resistente de los edificios, de forma habitual, al hormigón y al acero, pasando a funcionar la fábrica solamente como cerramiento.
- El cambio en la concepción del cerramiento, de elemento monocapa a sistema multicapa, en donde las distintas exigencias funcionales son, asimismo, confiadas a elementos diferentes.
- El adelgazamiento en los espesores de las fábricas.
- El empleo de fábricas más rígidas y estructuras cada vez más esbeltas.
- Las exigencias, cada vez mayores, en cuanto a confort térmico y minimización de puentes térmicos en los cerramientos, tendentes a obtener una mayor eficiencia energética en los edificios.

En España se utilizan principalmente los módulos métrico (castellano) M-25 de 11,5 cm de ancho y DIN (catalán) M-30, de 13,5 cm de ancho que apoyan en el cerramiento. Para salvar el canto del forjado suelen volar un tercio del ancho de la hoja exterior en la mayoría de los casos sin disponer anclajes ni angulares de apoyo en la base. Todo ello coarta la libertad de movimiento del cerramiento y causa un elevado grado de patología –producción de agrietamiento– que conviene corregir, y el tipo de apoyo llega a producir la pérdida de estabilidad.

En este estudio vamos a analizar la problemática de los cerramientos de fábrica en relación a su estabilidad estática en la zona de apoyo en el forjado y de la solución que normalmente se utiliza y que consiste en el empleo de un angular corrido en el frente del forjado fijado con anclajes mecánicos homologados.

El objeto de este trabajo es determinar cuándo utilizaremos esta solución, qué angular tendremos que emplear para no superar la flecha que la norma UNE-EN 845-1 determina y el número y calibre de los anclajes dependiendo de la capacidad mecánica de los mismos y que el fabricante nos facilita.

## 2.-CAUSAS QUE ORIGINAN PATOLOGÍAS EN LOS CERRAMIENTOS

### a) Propias de los Materiales

- Los ladrillos cerámicos, resistentes a compresión pero no a tracción, son muy frágiles. Experimentan expansión por absorción de humedad (75% en 15 días, el resto en 3 años), variando entre 0,4 y 0,8 mm/m según el tipo de arcilla.
- Los morteros excesivamente ricos agrietan la fábrica al fraguar. Los dosificados con la proporción agua cemento  $a/c > 0.5$  dejan capilaridades al secarse.
- El acero de alto límite elástico (500 N/mm<sup>2</sup>) genera mayor flecha en elementos de hormigón armado.

### b) Influidas por las normas

- La EFHE-02 indica limitaciones de flecha de  $L/500$  (ó  $L/1000+0,5$ ) de la luz para cantos de forjado que soporten fábricas (pero se cumple sólo hasta los 4 m). En luces mayores, que son las habituales, se producen flechas excesivas (de más de 6 mm) que causan el agrietamiento especialmente si se emplean vigas planas.

El CTE en el DB SE-F en el punto 2.4 (Aptitud al servicio) indica que las deformaciones verticales entre dos puntos cualesquiera de un mismo paño no superarán  $1/1000$  de la distancia que los separa.

Por lo que la flecha admisible en estructura es mayor que la del paño de ladrillo, lo que causa patologías en el cerramiento.

- El CTE en el DB SE-F tabla 2.1 permite separar las juntas de movimiento para permitir dilataciones térmicas y por humedad, fluencia y retracción, deformaciones por flexión y los efectos de las tensiones internas producidas por cargas verticales o laterales. Estas juntas se dispondrán a una distancia que va desde los 8 a los 30 m dependiendo del tipo de fábrica, de la retracción final y de su expansión por humedad. Utilizando morteros tradicionales y fábrica sin armar, no se debe pasar de 16 m en climas continentales y 20 en los marítimos.

El EC-6 Parte 2 todavía es más restrictivo con las fábricas sin armar, fijando como máximo juntas cada 12 metros en paños centrales y cada 6 metros en los paños que tengan limitada la libertad de movimiento, como las esquinas extremas de un edificio. Por lo general no se proyectan ni ejecutan juntas en los cerramientos salvo las que coinciden con juntas estructurales.

c) Surgidas por la falta de cálculo

- Los cerramientos de ladrillo de  $\frac{1}{2}$  pie no suelen calcularse frente a las acciones que soportan (como el viento), y se olvida armarlos y arriostrarlos incluso cuando tienen grandes luces (mayores de 4m) o alturas (mayores de 3m). Este hecho se da habitualmente en nuestro país porque la hoja exterior del cerramiento se coloca empotrada entre soportes a ambos lados, y arriba y abajo, entre los forjados de las estructuras porticadas. La acción horizontal del viento es transmitida a la estructura por los cuatro bordes del muro, en vez de transmitirla a la hoja interior con llaves como suele hacerse en Europa.

d) Basadas en ordenanzas y normativas VPO

- Las ordenanzas municipales al limitar la cota de cornisa favorecen el adelgazamiento de los forjados para así obtener dentro de la misma altura fijada una semiplanta comercial en edificios altos.
- En las VPO, al financiar la superficie útil en lugar de la construida, se fuerza el diseño encajando los soportes dentro del grueso del cerramiento, aplacando el entramado de forjados y pilares con plaquetas de apenas 3 centímetros de grueso. Ello debilita el cerramiento e impide la libertad de movimiento, lo que produce agrietamientos.

e) Propiciadas por la puesta en obra

- El desconocimiento sobre el grado de expansión por humedad de la cerámica empleada, junto con la habitual falta de inmersión o riego previo a la colocación, lleva a una dilatación excesiva de los paños de fábrica. En épocas de abundante construcción donde la demanda no permite respetar un plazo de colocación superior a los 15 días después de su fabricación, se iniciará el mismo problema a menos que se empleen ladrillos de baja absorción.
- La falta de juntas verticales de movimiento a distancia apropiada, así como horizontales debajo de cada forjado. No se deben construir los cerramientos inferiores antes que los superiores, ni retacarlos (rellenar las juntas bajo los forjados).
- La imposibilidad de lograr un plano vertical del frente de la estructura sin errores de ejecución conduce a que las fábricas se encuentren sin apoyo y haya que recurrir a la colocación de angulares en obra para prolongar el forjado o, en caso contrario,

- plaquetas más delgadas para disminuir el grueso que recubre la estructura.
- La inexistencia de anclajes de resistencia y durabilidad apropiadas, o su reconocida inoperatividad para la forma de trabajar requerida.
  - La limitación de la libertad de movimiento del cerramiento respecto de la estructura por no emplear los anclajes adecuados o no disponer de las juntas apropiadas
  - La transmisión de humedad por falta de barreras impermeables según el tipo de apoyo.
  - La falta de ventilación abajo y arriba de la cámara por no haber dejado llagas abiertas o estar obturadas con mortero caído.
  - La imposibilidad de colocar aislamiento adecuado en posiciones precisas, su falta de continuidad o su deficiente fijación con la hoja interior.

f) Derivadas del paso del tiempo

- El comportamiento de la arcilla cocida frente al ambiente, expansión por humedad, heladicidad, eflorescencias, además de su dilatación y retracción con los acusados cambios de temperatura se suman a los de expansión.
- Las deformaciones diferidas en estructuras de hormigón armado, notorias a partir de los 3 años, las cuales se suman a las iniciales de la retracción del hormigón y a las deformaciones instantáneas producidas al entrar en carga la estructura por su peso propio o por la sobrecarga de otros elementos constructivos.
- La corrosión de los anclajes, angulares de apoyo, armaduras de tendel, etc., si no se han escogido con la adecuada protección anticorrosión.
- La patología acumulada en el tiempo por combinación de varios de los casos expuestos.

g) Producidas por la interacción entre la estructura portante y el cerramiento

• Por la Deformabilidad de la Estructura Soporte

Puesto que las estructuras de hormigón es el elemento portante de los cerramientos y éstos funcionan como elemento independiente de la estructura soporte y no como elemento estructural resistente integrado en el modelo de cálculo de ésta.

La patología surge por las diferencias de comportamiento entre la estructura y el cerramiento (distinta flecha), provocando el agrietamiento de este último si no está armado.

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 L/10, L/12 a luces de 7-8 m. con cantos de

L/22, L/24 y aceros de 255 a 500 MPa de límite elástico. 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 cerramientos de fábrica. Los forjados de vigas planas, con coeficientes que agudizan la deformación del apoyo del cerramiento, especialmente con luces mayores de 4 metros. Para módulos de elasticidad de las fábricas medios-bajos (2000 a 3000 MPa), es difícil garantizar la no fisuración de tabiques y tabicones cuando las luces son superiores a 5 m, en tramos extremos o a 6 en los centrales.

- Debidas a flechas instantáneas y diferidas

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.

Por otro lado hay que decir que aunque las flechas activas estén limitadas por las normas para evitar daños en las fábricas sustentadas por ellas, no se puede pensar que las fábricas que atesten por debajo a esas estructuras tampoco serán dañadas con la verificación de tal limitación, algo que es falso y que puede ser causa de errores que conducirán a futuras patologías.

- Asientos Diferenciales

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

- 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.

- 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.

h) Provocadas por seísmo

- En aquellas zonas de grado sísmico elevado es imprescindible armar los tendeles de la fábrica cada 40 cm de altura como mínimo, además de armar verticalmente de forma apropiada.

\*Fuente a,c,d,e,f,h: Referencia 1. Asociación de Seguros Mutuos de Arquitectos Superiores. Prevención de Patologías en Fachadas (4). Cerramientos de hojas de fábrica de ladrillo cara vista FFC 001. No se especifica autor. Sin numerar.

\*Fuente g: Referencia 2. 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. (paginas 3 y 4)

### 3.- ANÁLISIS DE LOS CERRAMIENTOS UTILIZADOS

Una de las causas de la falta de estabilidad de los cerramientos de fachada es su inadecuado apoyo en el elemento horizontal.

Generalmente este problema está relacionado con aquellos edificios cuya hoja exterior de fábrica va a permanecer vista.

Existen, de manera general, dos formas de proyectar y ejecutar los cerramientos de fábrica vista:

3.1.- La hoja exterior apoya directamente en la estructura horizontal (viga , forjado, losa, etc.).

3.2.- La hoja exterior discurre pasante por delante de la estructura del edificio.

Analicemos los dos casos:

#### 3.1 Enteramente apoyado/ Soporte enrasado visto

El planteamiento habitual en los años sesenta, sin exigencia alguna de ahorro energético, no se aconseja en la vivienda actual. Puede aplicarse a edificios industriales donde la estructura puede quedar vista y donde no primen las exigencias energéticas.

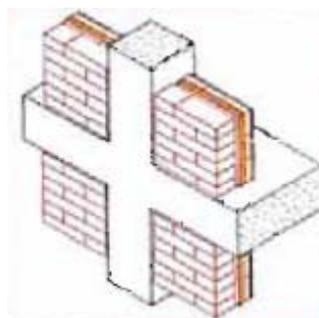


Figura 1. Soporte enteramente apoyado

\*Fuente: Referencia 1.

### 3.2 Hoja exterior con apoyo en la estructura del edificio

#### 3.2.1 Volado 1/3 / Soporte enrasado no visto

Es el caso de un cerramiento cuya hoja exterior apoya en todos los forjados de la planta, generalmente en una viga de hormigón, siendo revestido el borde (canto) de dicho elemento mediante una plaqueta o un trozo del mismo material que el utilizado para el resto de la fábrica.

Este apoyo de la hoja exterior de fábrica se considera, que al menos, ha de ser igual a las dos terceras partes de su espesor, para garantizar, por lo que respecta al apoyo, la estabilidad estática del muro, tanto frente a empujes horizontales (fundamentalmente de viento) como a efectos de la adecuada transmisión de las cargas verticales de su propio peso a la estructura resistente.

En la figura 2 se puede observar un esquema tipo de este apoyo (no se representa ningún sistema de aislamiento por claridad en el dibujo)

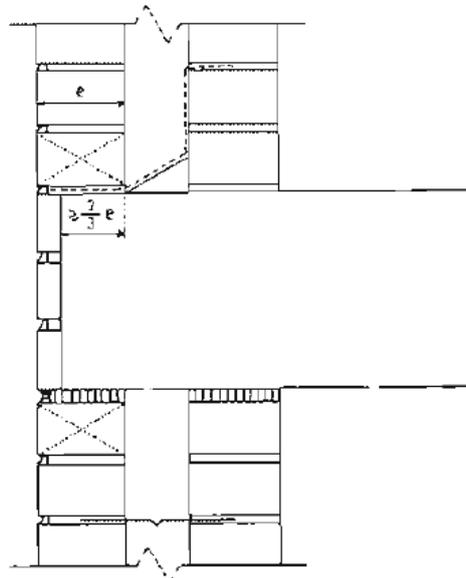


FIGURA 2: Apoyo de fábrica en la estructura

\*Fuente: Referencia 3. Cuadernos Intemac nº 8, 4º Trimestre 1992. Autor José María Luzón Cánovas. "Estabilidad estática de los cerramientos de fachadas de fábricas" paginas 5 y 7.

Solución común de construcción económica de viviendas VPO en que el grueso del cerramiento necesita albergar los soportes estructurales para ganar superficie útil bonificable frente a la construida. Se trata de un planteamiento no aconsejable por generar patologías debidas a interacciones estructura-cerramiento. (\*Fuente: Referencia 1)

Este revestimiento puede motivar, si no se ejecuta adecuadamente, el desprendimiento de las piezas. Entre los motivos que influyen en la aparición de estas anomalías podemos destacar la acción del agua y del hielo, la entrada en carga de las piezas debido al peso de la hoja del muro situada por encima, y las tensiones creadas entre elementos de naturaleza diferente (estructura-cerramiento).

Para evitar en lo posible este fenómeno de desprendimiento, sugerimos adoptar, entre otras, las siguientes medidas:

- No utilizar piezas excesivamente porosas (En ocasiones se utilizan plaquetas con mayor porosidad que la del resto de la fábrica).
- Utilizar piezas con un dorso que facilite su agarre.
- Disponer preferentemente las piezas de revestimiento en el costero del encofrado antes de verter el hormigón del forjado, esta solución es de difícil puesta en práctica, además en muchas ocasiones no se consiguen los acabados requeridos por no coincidir las hiladas.
- Si las piezas van a ser colocadas con un mortero tradicional, lo que debe ser reservado para tramos cortos y poco deformables, es conveniente aplicar el mortero en toda la superficie de la pieza, humedecer tanto el soporte como las piezas antes de su colocación y comprobar que las piezas no sean heladizas.
- No disponer las piezas sobre soporte de material aislante de alta resistencia térmica (tipo placas de poliestireno expandido, placas de poliuretano, etc.), si no se adopta algún tipo de medida tendente a limitar las tensiones creadas en la superficie de contacto.
- Disponer de un angular corrido en el canto del forjado, en la zona donde el vuelo del cerramiento sea mayor que un tercio del espesor del mismo. Se fijara con anclajes mecánicos homologados con un calibre y una disposición adecuada.

Así, por ejemplo, cuando la hoja exterior tiene un espesor de 12 cm, el revestimiento del canto del forjado, de acuerdo con lo especificado anteriormente, no deberá superar (mortero o pasta de fijación incluida) los 4 cm. Esto no siempre se cumple (en ocasiones la primera pieza del revestimiento del forjado supera el tercio e incluso la mitad de la hoja exterior), y da lugar a una serie de anomalías relacionadas con la falta de estabilidad estática, como son, el abombamiento de los paños de fábrica, fisuras horizontales en las piezas o en el mortero, fisuras verticales en las jambas de ventanas, etc.

Asimismo, sucede a menudo que el forjado vuela en relación con la cara exterior de los pilares de la estructura, menos de los dos tercios del espesor de la fábrica que va a sostener, pudiendo dar lugar al mismo tipo de anomalías descritas anteriormente.

\*Fuente: Referencia 3, páginas 7 y 9.



Foto 2. Detalle de derrumbe.

### 3.2.2 Volado 1/2 / Soporte retranqueado

Planteamiento constructivo habitual en la edificación de renta libre, dando continuidad a la hoja exterior del cerramiento por delante de los soportes y resolviendo las desigualdades del frente de los forjados respecto del aplomado del paramento mediante angulares en el nivel inferior del apoyo.

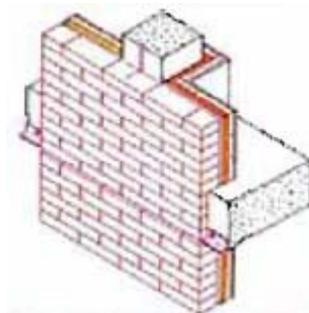


Figura 3

\*Fuente: Referencia 1

### 3.2.3 Hoja exterior corrida por delante de la estructura del edificio

Sistema empleado en la edificación de calidad con angular corrido de grandes dimensiones para el apoyo total de la hoja exterior de ladrillo. Cámara de aire continua, aislamiento por delante del soporte y control del puente térmico en el frente del forjado. Es aceptable si el angular está galvanizado y no se hacen soldaduras en obra, aunque entonces puede no resultar económico.

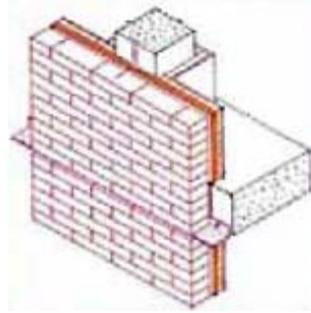


Figura 4

\*Fuente: Referencia 1

Esta disposición, usada fundamentalmente para evitar los puentes térmicos a través del forjado y mejorar, por tanto, las condiciones térmicas del edificio, exige una mayor complejidad de proyecto y de ejecución que el primer caso analizado.

Existen diversos sistemas para la realización de este tipo de solución, siendo el apoyo mediante perfil metálico el procedimiento habitualmente más utilizado.

Estos perfiles pueden ser calculados para soportar el peso de varias plantas, si bien se aconseja que, de forma general, no se sobrepasen alturas de paños de más de 10 m (siempre y cuando, la hoja exterior esté adecuadamente anclada a la hoja interior mediante llaves).

A continuación indicamos una serie de especificaciones que deben ser consideradas de cara a la correcta ejecución y funcionamiento de este sistema, siendo extensible, en su mayoría, a otros sistemas de apoyo análogos. (En la figura 5 se muestra un sistema tipo, de apoyo de fábrica en angular metálico, referido a una estructura de hormigón.)

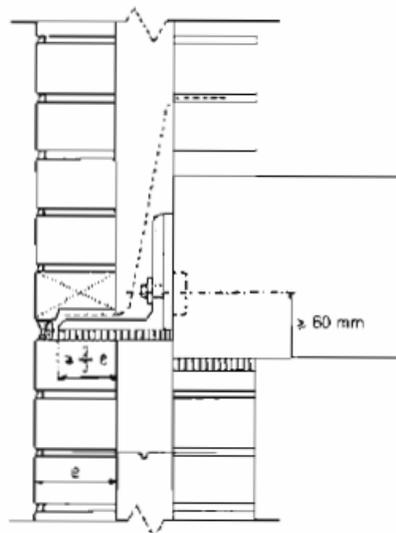


Figura 5: Apoyo de fábrica en angular metálico.

- La fábrica deberá apoyar en el angular al menos dos terceras partes de su espesor.
- El ala de unión del perfil con el canto del elemento resistente (en caso de estructuras de hormigón), deberá apoyar en el mismo en toda su longitud.
- El apoyo de la fábrica bajo el perfil se hará por medio de un material comprensible (debería poder comprimirse del orden de un 30 a un 50 por ciento de su espesor original, evitando cualquier resto de mortero que pueda colaborar en la entrada en carga de la fábrica.
- El tipo de perfil empleado, así como los elementos de conexión a la estructura resistente, deberán ser calculados para una deformación máxima de 2 mm de acuerdo a norma UNE-EN 845-1.
- El sistema deberá permitir tolerancias de ajuste en su fijación tanto en sentido vertical y horizontal como en el plano de apoyo, que posibiliten absorber pequeños errores de ejecución. El empleo de un relleno o lámina intermedia en el plano de apoyo servirá para absorber posibles irregularidades de ejecución (en el caso de soportes de hormigón). No obstante, deberá garantizarse siempre la adecuada resistencia de la superficie del hormigón a la que vaya fijada el angular.
- Será preferible el empleo de perfiles de pequeña longitud y la disposición de juntas entre elementos adyacentes, con objeto de minimizar las dilataciones debidas a cambios de temperaturas.
- El material utilizado en el sistema será preferentemente de acero inoxidable o de acero galvanizado.
- El perfil deberá protegerse adecuadamente, mediante algún sistema de impermeabilización, ante un posible contacto con el agua infiltrada a través de la fábrica. Asimismo, se deberá evitar los puentes térmicos.

\*Fuente: Referencia 3, paginas 9 y 11.

### 3.2.4 Cerramiento pasante sobre consola/ Zona sin soporte

Sistema centroeuropeo. Cerramiento con hoja interior gruesa (de muro de carga o no), que contribuye a soportar la acción del viento mediante las llaves que conectan a la hoja exterior. La hoja exterior pasante se apoya en consolas inoxidables con posibilidad de ajuste entre las diferencias del plano de forjado y el paramento. Coste excesivo por necesitar demasiados anclajes y llaves y pérdida de espacio útil por requerir una hoja interior gruesa. Funciona higrrotérmicamente.

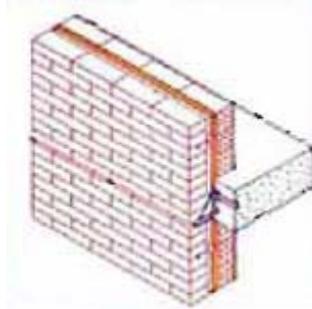


Figura 6

\*Fuente: Referencia 1

### 3.3 Cerramiento autoportante

Cerramiento con hoja exterior autoportante de fábrica armada, pasante por delante de la estructura, sin juntas horizontales en forjados.

Cámara de aire ventilada con aislamiento continuo e impermeabilizante inferior, sin conexiones a la hoja interior. Hoja construida en continuidad vertical hasta 12 metros de altura ó 4 plantas, armado homogéneo con cerchas cada 40 centímetros de altura. Costillas verticales para soportar el viento separadas cada 2,75 m, con anclajes especiales a nivel de forjado.

Arranque con ladrillos de baja porosidad (muro de un pie) sobre cimentación impermeabilizada.

Pensamos que técnicamente es la mejor solución, pero en la actualidad no está muy extendida su utilización.

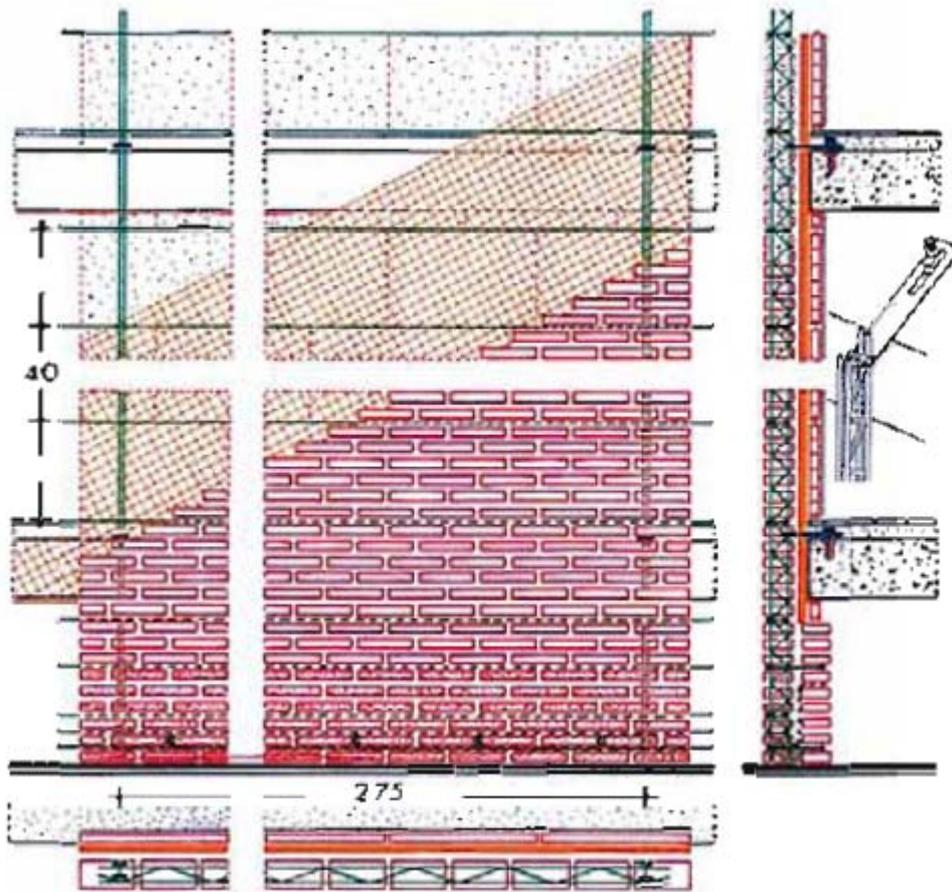


Figura 7

\*Fuente: Referencia 4. MANUAL MURFOR. Autor J.M ADELL/ J.A LAHUERTA, BEKAERT IBÉRICA, S.A, Barcelona, 1992.

## II ANÁLISIS DE NORMATIVA (VIGENTE Y ANTERIOR) Y DE OTROS ASPECTOS DE INTERES.

### 1.- Introducción

En esta parte del trabajo empezaré comentando el Código Técnico de la Edificación como base de la regulación en la actividad al ser la herramienta que permite cumplir los requisitos básicos de la edificación establecidos por la Ley de Ordenación de la Edificación.

El CTE se ajusta a las disposiciones de la Directivas Europeas en la materia y las armoniza a nuestro ordenamiento.

Este documento es prestacional, es decir, no da una solución determinada, sino que admite aquella que cumpla con los niveles exigidos y que esté justificada, por lo que fomenta la aparición de nuevas soluciones y tecnologías, éste es el espíritu de mi trabajo, con el que pretendo dar una solución válida legalmente a un problema que se produce normalmente.

También hablaré de otros aspectos de interés abordados o no por la normativa haciendo un juicio crítico de los mismos y por último haré una exposición de la normativa de aplicación en la solución constructiva que propongo y que se basa en normas UNE-EN y DITE de obligado cumplimiento para poder ostentar el marcado CE sin el cual no pueden ser utilizadas en obra y que determinan las características de los productos que se van a utilizar para alcanzar la solución propuesta.

### 2.- El Código Técnico de la Edificación. Documento Básico Seguridad Estructural de Fábricas. (CTE-DB-SE-F)

En el apartado 1.2.1 nos dice que este DB establece condiciones tanto para elementos de fábrica sustentantes (muros de carga), como para elementos de fábrica sustentada (cerramientos) destinadas sólo a soportar las acciones directamente aplicadas sobre ella, y que debe transmitir a la estructura general. **La fábrica sustentada debe enlazarse con la estructura general de modo adecuado a la transmisión citada, y construirse de manera que respete las condiciones supuestas en ambos elementos.**

Me centraré en aquellos aspectos de documento básico que considero pueden influir en la estabilidad estructural de la fábrica sustentada, entendiendo como tales los siguientes:

- En el punto 2.2 Juntas de Movimiento dice que se dispondrán juntas de movimiento para permitir dilataciones térmicas y por humedad, fluencia y retracción, las deformaciones por flexión y los efectos de las tensiones internas producidas por cargas verticales o laterales, sin que la fábrica sufra daños, teniendo en cuenta, para las fábricas sustentadas, las distancias indicadas en la tabla 2.1

Tabla 2.1 Distancia entre juntas de movimiento de fábricas sustentadas

Tipo de fábrica	Distancia entre las juntas (m)		
de piedra natural	30		
de piezas de hormigón celular en autoclave	22		
de piezas de hormigón ordinario	20		
de piedra artificial	20		
de piezas de árido ligero ( excepto piedra pómez o arcilla expandida)	20		
de piezas de hormigón ligerode piedra pómez o arcilla expandida	15		
de ladrillo cerámico <sup>(1)</sup>	Retracción final (mm/m)	Expansión final por humedad (mm/m)	Distancia entre las juntas (m)
	≤ 0,15	≤ 0,15	30
	≤ 0,20	≤ 0,30	20
	≤ 0,20	≤ 0,50	15
	≤ 0,20	≤ 0,75	12
	≤ 0,20	≤ 1,00	8

<sup>(1)</sup> Puede interpolarse linealmente

- En cuanto a la flecha de los paños, el punto 2.4 (Aptitud al servicio) dice que en todo caso se comprobará que, bajo las combinaciones de acciones de tipo frecuente, no existen deformaciones verticales entre dos puntos cualesquiera de un mismo paño que superen 1/1000 de la distancia que les separa.
- Resistencias características de las fábricas (4.6)

Tabla 4.4 Resistencia característica a la compresión de fábricas usuales  $f_k$  (N/mm<sup>2</sup>)

Resistencia normalizada de las piezas, $f_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	10		15		20		25
Resistencia del mortero, $f_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	5	7,5	7,5	10	10	15	15
Ladrillo macizo con junta delgada	5	5	7	7	9	10	11
Ladrillo macizo	4	4	6	6	8	8	10
Ladrillo perforado	4	4	5	6	7	8	9
Bloques aligerados	3	4	5	5	6	7	8
Bloques huecos	2	3	4	4	5	6	6

Tabla 4.5 Resistencia característica a cortante para fábricas de mortero ordinario

Tipo de piezas	Mortero	$f_{vko}$ (N/mm <sup>2</sup> )			Límite de $f_{vk}$ (N/mm <sup>2</sup> ) <sup>(1)</sup>		
		M1	M2,5	M10	M1	M2,5	M10
macizas	Ladrillo cerámico	0,1	0,2	0,3	1,2	1,5	1,7
	Piedra natura	0,1	0,15	-	1,0	1,0	-
	Otras	0,1	0,15	0,2	1,2	1,5	1,7
perforadas	Ladrillo cerámico	0,1	0,2	0,3	1,4*	1,2*	1,0*
	Otras	0,1	0,15	0,2	1,4*	1,2*	1,0*
aligeradas		0,1	0,15	0,2	1,4*	1,2*	1,0*
huecas		0,1	0,2	0,3	**	**	**

\* La menor de las resistencias longitudinales a compresión.

\*\* Sin más limitaciones que las dadas por la ecuación 4.1

<sup>(1)</sup> Para llagas a hueso, o con tendel hueco, el valor es el 70% del consignado

Tabla 4.6 Resistencia a flexión de la fábrica (N/mm<sup>2</sup>)

Tipo de pieza	Morteros ordinarios				Morteros de junta delgada		Morteros ligeros	
	$f_m < 5 \text{ N/mm}^2$		$f_m \geq 5 \text{ N/mm}^2$		$f_{xk1}$	$f_{xk2}$	$f_{xk1}$	$f_{xk2}$
	$f_{xk1}$	$f_{xk2}$	$f_{xk1}$	$f_{xk2}$				
Cerámica	0,10	0,20	0,10	0,40	0,15	0,15	0,10	0,10
Sílico-calcareos	0,05	0,20	0,10	0,40	0,20	0,30	-	-
Hormigón ordinario	0,05	0,20	0,10	0,40	0,20	0,30	-	-
Hormigón celular de autoclave	0,05	0,40	0,10	0,40	0,15	0,20	0,10	0,15
Piedra artificial	0,05	0,40	0,10	0,40	-	-	-	-
Piedra natural	0,05	0,20	0,10	0,40	0,15	0,15	-	-

- Enlace entre muros y forjados (7.3.1)

Cuando se considere que los muros están arriostrados por los forjados, se enlazarán a éstos de forma que se transmita las acciones laterales.

Las acciones laterales se transmitirán a los elementos arriostrantes o a través de la propia estructura de los forjados (monolíticos) o mediante vigas perimetrales capaces de absorber los momentos y cortantes resultantes. Se pueden transmitir mediante conexiones específicas o por rozamiento.

Cuando se empleen conectores, éstos serán capaces de transmitir las acciones laterales del muro a los elementos estructurales arriostrantes. No son necesarios amarres si el apoyo de los forjados de hormigón se prolonga hasta el centro del muro o un mínimo de 65 mm, siempre que no sea un apoyo deslizante (7.3.1.3)

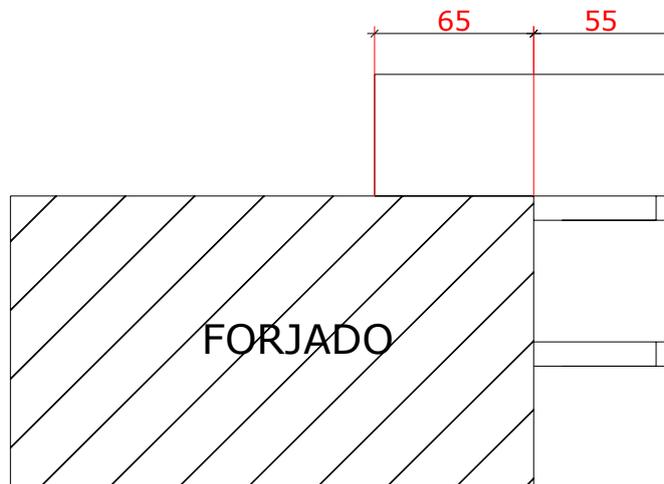


Figura 8. Cotas en milímetros.

### 3.- Análisis Crítico de la Normativa y otros aspectos de interés.

#### 3.1 Tolerancia 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 08 considera como desviaciones lógicas y admisibles para construcciones "in situ" las siguientes:

a) Desviación de la vertical ( $\Delta$ =Desviación admisible)

a-1) Líneas y superficies en general

$H \leq 6$ m	$\Delta =$		$\pm 24$ mm
$6 \text{ m} < H \leq 30$ m	$\Delta = \pm 4H$	No mayor de	$\pm 50$ mm
$H \geq 30$ m	$\Delta = \pm 5H/3$	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
$6 \text{ m} < H \leq 30$ m	$\Delta = \pm 2H$	No mayor de	$\pm 24$ mm
$H \geq 30$ m	$\Delta = \pm 4H/5$	No mayor de	$\pm 80$ mm

Con H en metros y  $\Delta$  en milímetros, siendo H la altura del punto considerado respecto al plano horizontal que se tome como referencia. Por su parte el Código Técnico de la Edificación limita el desplome de las fábricas entre pisos a 20 mm, y en 50 mm para la altura total del edificio, cifras bastante concordantes con las de la EHE para la estructura.

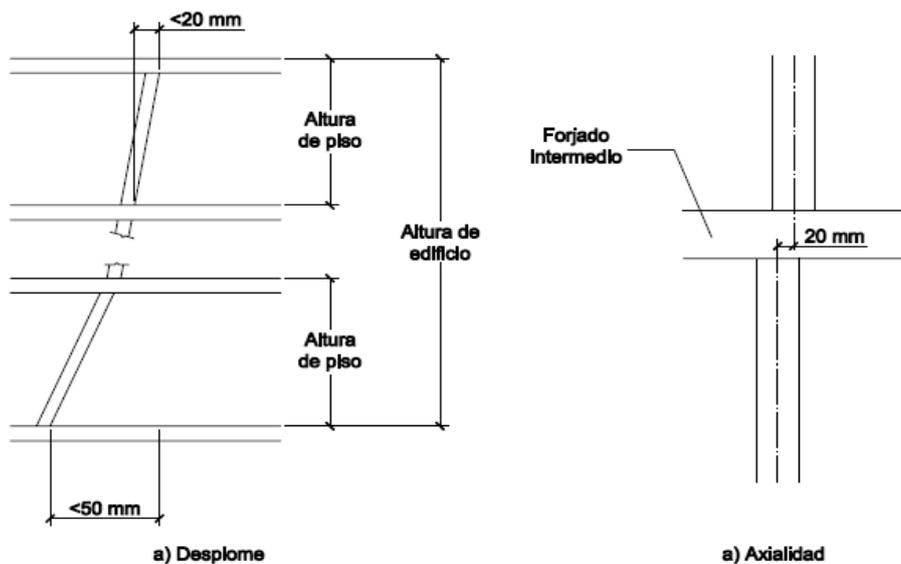


Figura 8.1 Tolerancias de muros verticales.

Así pues en un edificio de seis plantas, con altura entre plantas de 3 metros, esta tolerancia sería:

$$H=6 \times 3=18\text{m}$$

$$\Delta = \pm 4 \times 18 = \pm 72\text{mm} > \pm 50\text{mm.}, \text{ luego } \Delta = \pm 50\text{mm.}$$

Tolerancia=100mm.

Consecuencia de esto 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.

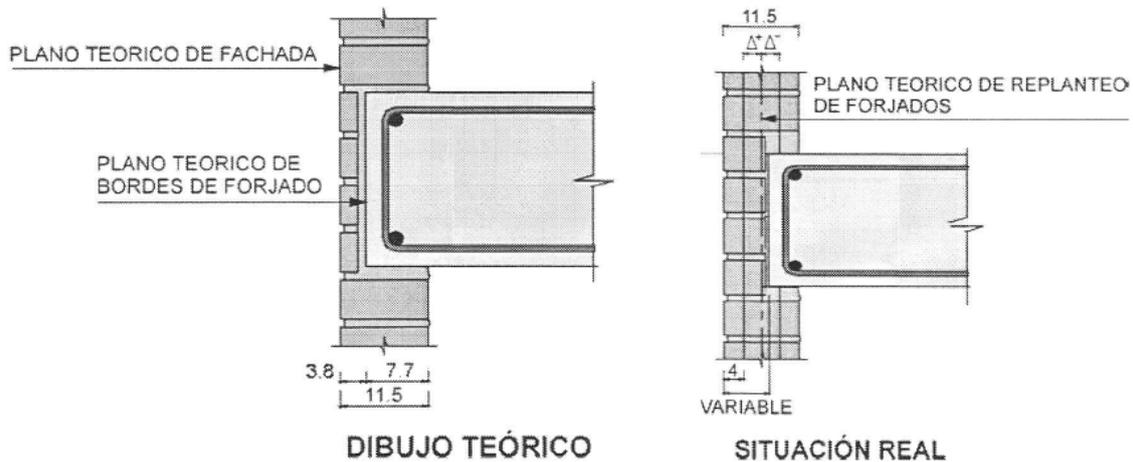
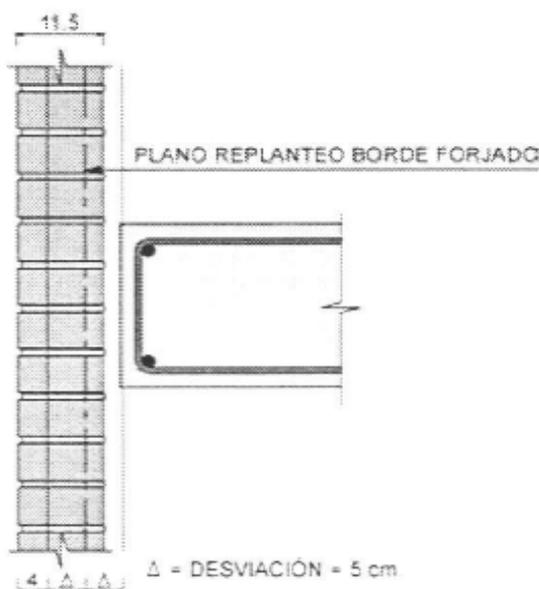


Figura 10

Figura 9



Siendo la cota variable= mínimo 4cm, máximo  $4 + T$ ; siendo T=tolerancia de ejecución estructural.

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  $\Delta+$ ,  $\Delta-$

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  $2/3 \cdot 11.5 = 7.5$  cm. y vuelo  $1/3 \cdot 11.5 = 4$  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 favorables" 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  $1/2$  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.

\*Fuente: Referencia 2. Páginas 5, 6 y 7.

### 3.2 Las Características de las Fábricas y de los Materiales Constituyentes

- Respecto del Ladrillo

Los ladrillos cerámicos experimentan expansión por absorción de humedad, variando esta expansión, de acuerdo con el CTE, entre 0.15 mm/m a 1.0 mm/m según 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, comentar que una expansión de la cerámica de 1.0 mm/m es 4.4 veces la dilatación térmica por un salto de temperatura de 50° C.

- 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. Las características de los morteros las marca la norma UNE-EN 998-2:2002, la recomendación es utilizar morteros que cumplan con esta norma y que tengan el marcado CE correspondiente.

- 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, tanto el cerramiento en si como las conexiones de este con la estructura.

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 expansión 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 hecho de ser separación entre 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 sustentados por una estructura portante, 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.

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

\*Fuente: Referencia 2. Páginas 7 y 8.

### 3.3 La Estabilidad de los cerramientos en la normativa

Las fachadas de ladrillo visto han evolucionado adelgazando progresivamente. De las primeras fachadas, realizadas con un pie y con vuelo de  $\frac{1}{4}$  de pie (A) se ha pasado sucesivamente a  $\frac{1}{2}$  pie a soga apilastrado con tizones cada metro, dando al exterior con aparejo flamenco, a  $\frac{1}{2}$  pie a soga con pilastras de un tizón solamente en las jambas (B), y por último a la situación actual de  $\frac{1}{2}$  pie a soga sin ninguna pilastra (C). Esta evolución no ha hecho más que orientar sistemáticamente las fachadas hacia la inestabilidad.

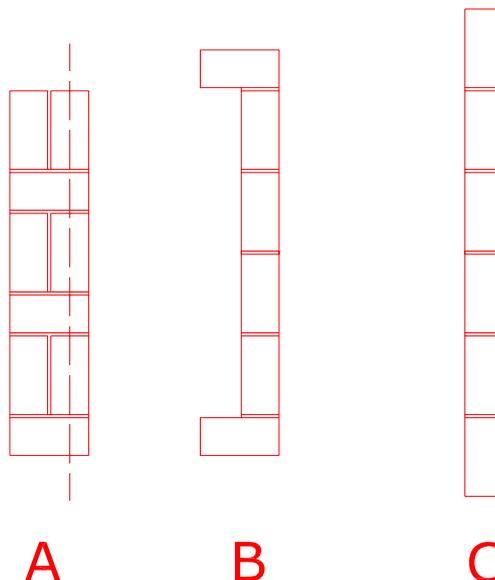


Figura 11. Vista en planta

- 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 (viento, sismo) el estado dominante en el caso de los cerramientos, cuya única carga vertical es el peso propio. Esta Norma limita la tensión de tracción admisible al 10% de la tensión de cálculo a compresión de la fábrica.

$$\sigma' = M/W - Nd/A \leq 0.1fd$$

Considerando una fábrica de cerramiento de 1/2 pie confinada entre los forjados, con una resistencia de cálculo de 16 Kg/cm<sup>2</sup>, sometida a una presión de viento de 60 Kg/cm<sup>2</sup> 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 restrictivo todavía al asignar a la resistencia por flexión de los tendeles 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.

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, en 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)

*“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 está 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, en toda su altura.*

Sobre estos puntos de la NTE desconocemos si se ensayo algún cerramiento de este tipo para determinar los valores que da puesto que no se emplea ninguna fórmula que explique estos valores.

- Sobre la estabilidad a las acciones verticales

Existe la creencia de que la estabilidad de la fachada está garantizada si se verifica 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. de grueso mínimo para el aplacado de 4 cm. tiene solamente una holgura de 1,75 cm. (ver gráfico)

Quiero 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  $r = 1.75$  cm., cosa absolutamente imposible de conseguir y absurda de exigir (ver tolerancias en ejecución de estructuras).

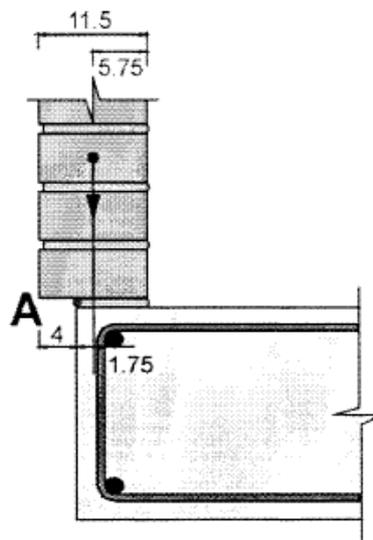
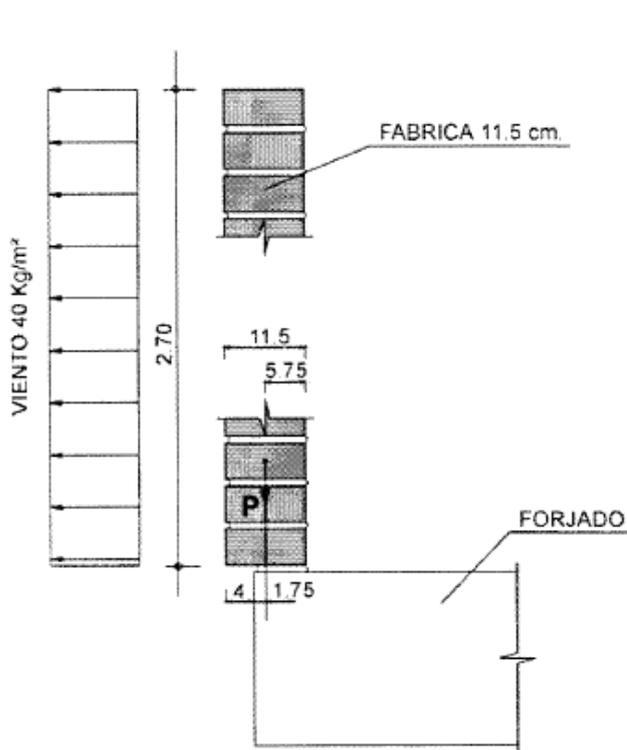


Figura 12

Si consideramos que en la estabilidad de un cerramiento, los esfuerzos de mayor entidad son los horizontales, siendo los verticales inferiores, tenemos las razones para poder decir que el apoyo de 2/3 del tizón puede no ser una condición suficiente para su estabilidad.

Si fuera condición suficiente, tendríamos que conseguir obligatoriamente en todos los casos tolerancias en la ejecución de la estructura de  $\pm 0,00$  algo prácticamente imposible.



Peso propio fábrica  $210 \text{ Kp/m}^2$   
 $P=210 \times 2,70 \times 1=567 \text{ Kp.}$   
 Momento de vuelco:  
 $M_v=Q \times H/2 \quad (Q=40 \times 2,7 \times 1=108 \text{ Kp; } H=2,7 \text{ m})$   
 $M_v=108 \times 1,35=145,8 \text{ kpxm}$   
 Momento estabilizador  
 $M_e=567 \times 0,0175=9,92 \text{ Kpxm}$   
 Conclusión: NO ES CONDICIÓN SUFICIENTE EL APOYO DE 2/3 DEL TIZÓN.

Figura 13

\*Fuente: Referencia 2. Páginas 9, 10, 11 y 12.

### 3.4 Sobre Juntas

#### • Juntas Verticales

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 Eurocódigo 6 Parte 2 fija como máximo juntas cada 12 m, en paños centrales y cada 6 m. en paños que tengan limitada la libertad de movimiento, tales como las esquinas, cifras parecidas recoge el CTE mencionado anteriormente.

La NTE-EFL de muros de fábrica resistente, 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.

- 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, por tanto no existirán las juntas horizontales entre las fábricas y el forjado.

Los cerramientos de ladrillo han pasado de ser portantes a ser portados por lo que su tratamiento ha de ser como el de cualquier cerramiento constituido por paneles, como por ejemplo los muros cortinas, pero con las características propias del material del que están hechos.

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 es contraria a la de dejar una junta entre la fábrica y el forjado ya que recomienda el retacado antes de que se produzca 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 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.

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

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

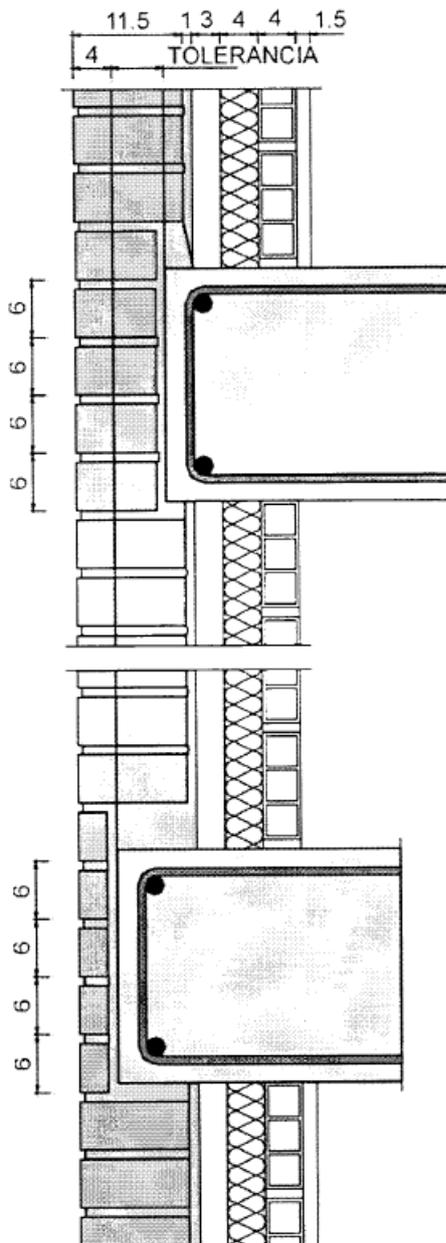
\*Fuente: Referencia 2. Páginas 12, 13, 14 y 15.

Como solución propongo la utilización de morteros o resinas elásticas en el retacado del encuentro entre la última hilada de ladrillo y el angular, el elemento de arriostramiento sería un brazo elástico que se acoplara en el anclaje y que terminara en una garra metálica que iría embebida en el tendel de la cuarta hilada inferior de ladrillo.

### 3.5 Situación real de los aplacados en el frente de forjado

En los dibujos de detalle de estas unidades de obra, el canto del forjado cuadra con múltiplo de gruesos de ladrillo más tendel, cosa que prácticamente no se da en la realidad.

En estos mismos detalles, cuando aparece un angular, éste se nivela 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 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. Se tendría que determinar cuánto apoya la fábrica en el hormigón y cuánto en el angular.



Exponemos en la figura adjunta lo que creo más fiel reflejo de la realidad y el resultado de llevar a ejecución lo actualmente proyectado en la mayoría de las obras que se realizan con fachadas de ladrillo cara vista.

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

Como se dijo anteriormente, el forjado no es múltiplo en la generalidad de plaqueta más tendel, lo que origina un grueso de 3-4-5 cm. de mortero para el asiento de la primera hilada con ladrillo entero.

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

Figura 14

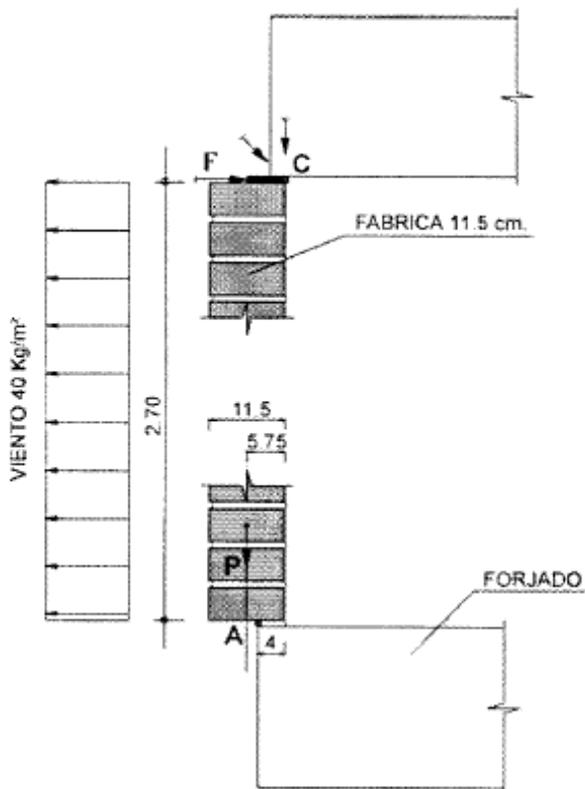
### 3.6 Conclusiones

Es evidente que se han construido cientos de miles de metros cuadrados de fachada con estos criterios y el número de caídas o desplomes (otra cosa son fisuras) ha sido relativamente pequeño teniendo en cuenta 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"*

¿Por qué no se caen?

Sea una fachada tipo, apoyada en un forjado y retacada en el superior, con una acción de viento de 40 Kg/m<sup>2</sup> 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.

Una posible hipótesis de lo que ocurre podría ser:



Peso propio fábrica 210 kp/m<sup>2</sup>  
 $P = 210 \text{ kp/m}^2 \times 2,70 \text{ m.} \times 1 \text{ m.}$   
 $= 567 \text{ kp}$

#### Momento de vuelco

$M_v = P \times e + Q_v \times H/2$   
 (  $P = 567 \text{ kp}$ ;  $e = 0,0175 \text{ m}$ ;  
 $Q_v = 40 \times 2,7 \times 1 = 108 \text{ kp}$  )  
 $M_v = 567 \times 0,0175 + 108 \times 1,35 =$   
 $= 155,72 \text{ kp.m}$

#### Momento estabilizador

$M_e = M_v$   
 $M_e = F \times H$   
 $155,7 \text{ kp.m} = F \times 2,7 \text{ m}$   
 $F = 155,7 / 2,7 = 57,67 \text{ kp}$

Figura 15

Para que se produzca esta fuerza F tenemos que tener en cuenta la adherencia entre el forjado y el cerramiento y el acodamiento 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.

Este acodamiento deja de ser tan efectivo en paños de grandes luces, por lo que los movimientos de los cerramientos son más comunes en cerramientos de más de tres metros de altura.

A este razonamiento hay que añadir los efectos de arriostamiento que tienen los paños perpendiculares de los entrantes y salientes de la fachada, que colaboran en la estabilidad, así como la ejecución de

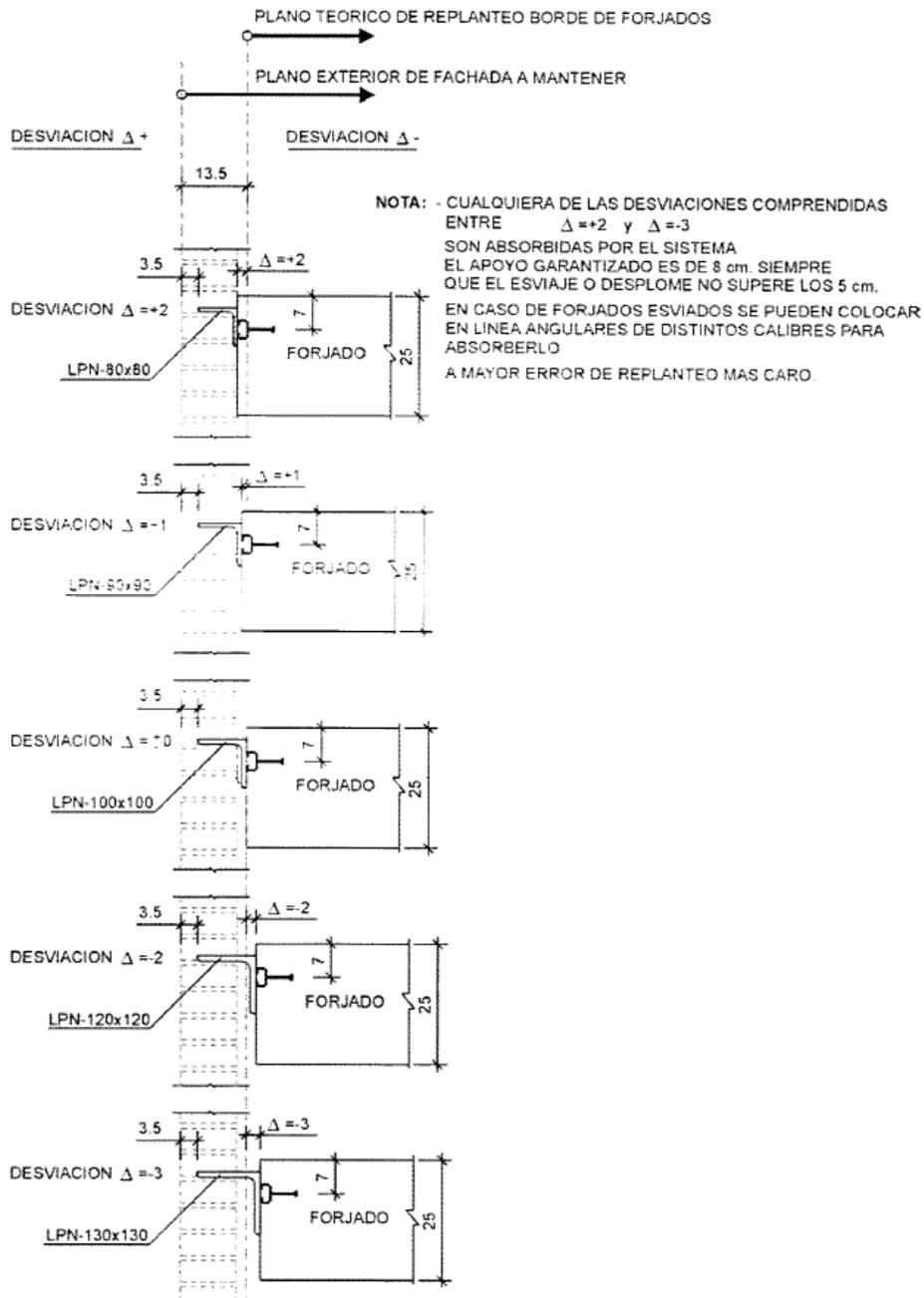


abajo arriba de la misma, lo que colabora a una mayor capacidad de rozamiento entre la fábrica y el forjado.

Analizados los problemas inherentes a los sistemas de cerramiento de fábrica de ladrillo cerámico actualmente implantado, se podría considerar 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 compuesta por angulares metálicos anclados al borde del forjado con anclajes mecánicos homologados.

Para que este sistema sea efectivo se tendrán que tomar en cuenta los siguientes principios:

- Contar con anclajes que garanticen la estabilidad de la estructura metálica, para ello, utilizaremos anclajes mecánicos homologados.
- Independizar en la medida de lo posible la estructura portante, de hormigón, de la estructura metálica, para ello emplearemos angulares metálicos con ojales colisos, abrazados por arandelas y juntas de neopreno para absorber posibles irregularidades y esfuerzos en el plano x (consideramos el plano x como el perpendicular al frente del forjado, el plano z sería el de las alturas).
- Poder arriostrar los paños para absorber esfuerzos horizontales, viento y sismo, para ello utilizaremos brazos flexibles fijados en el cuerpo de los anclajes y con garra de anclaje en el extremo que se dispondrá en el tendel de la cuarta hilada inferior del cerramiento.
- La subestructura metálica tiene que contar con protección antioxidante, llegando al uso de acero inoxidable en climas húmedos.
- Incluir rejillas de ventilación en el paño si se pretende que haya cámara de aire ventilada; la ventilación por llagas abiertas no funciona ya que se colmatan fácilmente.
- Dejar una junta horizontal en la parte inferior del angular, para ello se retacará la junta entre la última hilada y el angular con mortero o resina elástica capaz de absorber las flechas de la estructura portante.
- En fase de ejecución se recomienda que una vez acabada la estructura, se tirarán plomos en esquinas, rincones y zonas intermedias en todo el perímetro del edificio y se colocarán los angulares metálicos 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

\*Fuente: Referencia 2. Páginas 21, 23, 24, 29 y 35.

#### 4.- Normativa de Aplicación en la solución propuesta

El CTE en su artículo 5.2 dice que los productos de construcción que se incorporen con carácter permanente a los edificios, en función de su uso previsto, llevarán el marcado CE, de conformidad con la Directiva 89/106/CEE de productos de construcción. Esta directiva tiene por objeto la eliminación de barreras nacionales a la libre circulación de mercancías en el ámbito de la construcción. El marcado CE de un producto de construcción indica que éste cumple con unas determinadas especificaciones técnicas consensuadas por todos los Estados miembros de la Unión.

En el mercado distinguimos dos tipos de productos, los tradicionales y los productos innovadores que obtendrán el marcado de formas diferente:

- Los tradicionales mediante el cumplimiento de Normas Armonizadas, comunes en todo el Espacio Común, que posteriormente son recogidas y traducidas por cada organismo normalizador nacional (en nuestro caso AENOR) como "norma transposición de norma armonizada" (UNE-EN).
- Los innovadores mediante Documentos de Idoneidad Técnica Europeo (DITEs) para lo cual es preciso que los miembros de la Organización para la idoneidad Técnica Europea (EOTA) hayan elaborado una Guía DITE (ETAG) o un CUAP (Procedimiento de común acuerdo).



En nuestra solución el producto tradicional será la ménsula metálica y el producto innovador será el anclaje metálico para uso en hormigón.

#### 4.1 Normativa de Aplicación para la ménsula (producto tradicional)

La norma que nos servirá de referencia para determinar las características del angular metálico serán la norma UNE-EN 845-1 cuyo título es: Especificación de Componentes Auxiliares para fábricas de albañilería. Parte 1: Llaves, amarres, colgadores, ménsulas y ángulos.

Especificaciones que son de aplicación para ménsulas metálicas:

##### 4.1.1 Objeto y campo de aplicación

Esta norma europea especifica los requisitos para llaves, colgadores, ménsulas y ángulos para conectar fábricas de albañilería entre sí o conectar fábricas de albañilería a otras partes de la obra y construcción, incluyendo muros, suelos, vigas y columnas. En aquellos casos en los que se proporcionen o especifiquen anclajes o fijaciones como parte de un componente auxiliar, los requisitos sobre comportamiento se aplican al producto completo.

Esta norma no es aplicable entre otras consideraciones a:

b) Angulares.

Ante esta determinación, tomaremos al angular como parte integrante pero no fundamental de la ménsula que proponemos, por lo que las especificaciones de esta norma le serán de aplicación.

##### 4.1.2 Definiciones según UNE-EN 845-1

Entre otras nos encontramos con las siguientes:

- Ménsula: Dispositivo ligado a elementos estructurales, comprendido un apoyo individual para dos piezas de fábrica de albañilería adyacentes, que forman parte de un muro de fábrica de albañilería. En nuestro caso no es un apoyo individual sino continuo.
- Fijación: Dispositivo (por ejemplo, un clavo, tornillo/taco, anclaje o perno) utilizado para conectar componentes auxiliares a fábricas de albañilería o a estructuras de apoyo para resistir fuerzas de tracción y de cortante.
- Capacidad de carga: Valor individual de la carga de fallo o de la carga de desplazamiento extremo, el que sea menor, proporcionado en el correspondiente ensayo.
- Capacidad de carga vertical: Valor medio de las capacidades de carga de los estribos y ménsulas de las viguetas en el correspondiente método de ensayo.
- Símbolos (L): Longitud perpendicular total de una ménsula desde la superficie de fijación hasta el extremo del borde de apoyo, en mm.

##### 4.1.3 Materiales

Los materiales de un producto, incluyendo los de cualquier fijación, deben ser compatibles, y el acero inoxidable no debe estar en contacto con otros tipos de acero.

**4.1.4 Fijaciones y materiales no proporcionados por el fabricante**  
En los casos en los que no se proporcione, como parte del producto, las fijaciones necesarias, se deben especificar las fijaciones de acuerdo con una norma europea o documento de idoneidad técnica. Los materiales para tales fijaciones deben ser compatibles con los del componente.

**4.1.5 Dimensiones y desviaciones límite en Ménsulas**  
Se debe declarar la longitud perpendicular total  $L$ , desde la superficie de la fijación hasta el extremo de la brida de soporte. Cuando se extraiga una muestra y se mida  $L$  se debe de encontrar entre el valor de  $\pm 5\%$  de los valores declarados o 3 mm.

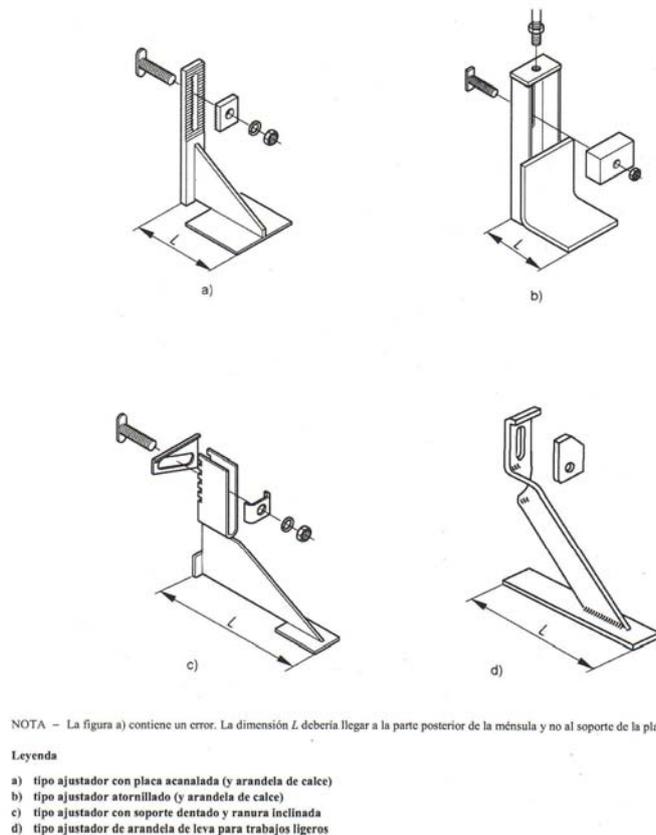


Fig. 3 - Ejemplos de ménsulas

\*Fuente: Norma UNE-EN 845-1

#### 4.1.6 Grosor o diámetro

Se debe declarar el grosor mínimo del material, cuando se extraiga una muestra, el grosor mínimo debe de ser igual o mayor que el valor declarado.

#### 4.1.7 Otras dimensiones

Se debe declarar cualquier otra dimensión, incluyendo número, tamaño y situación de las fijaciones, que afecten al comportamiento estructural de un producto o que actúen con otros componentes. Cuando se extraiga una muestra, estos valores se tienen que encontrar entre  $\pm 5\%$  de los valores declarados.

#### 4.1.8 Resistencia mecánica en ménsulas

- Capacidad de carga vertical: Se debe declarar la capacidad de carga en un formato de carga normal. Cuando se tome una muestra y se ensaye de acuerdo a la norma UNE-EN 846-10 la capacidad de carga vertical en un formato de carga normal debe de ser igual o mayor que el valor declarado. Adicionalmente la capacidad de carga de ningún elemento individual debe de ser inferior al 90% del valor declarado.
- **Deformación Bajo carga: Medido de acuerdo con la norma UNE-EN 846-8, la deformación de ninguna ménsula individual a un tercio del valor declarado por el fabricante de la capacidad de carga debe de ser superior a 2mm.**

Las normas UNE-EN 846-10 y UNE-EN 846-8 nos describen procedimientos de ensayo para que se cumplan los requisitos que la 845-1 marca.

#### 4.2 Normativa de Aplicación en el Anclaje Metálico para uso en hormigón (producto Innovador)

Los anclajes metálicos para uso en hormigón son considerados como productos innovadores, por eso se tendrán que someter a las indicaciones de una guía DITE ( ETAG european technical approval guideline, documento de idoneidad técnica europeo) elaborado por la EOTA (european organisation for technical approvals) después de que el Comité Permanente de la Construcción requiriera su elaboración.

La guía DITE a la que se ajustan los anclajes metálicos para uso en hormigón es el ETAG 001



European Organisation for Technical Approvals  
Europäische Organisation für Technische Zulassungen  
Organisation Européenne pour l'Agrément Technique



En las diferentes partes y anexos de esta guía, se especifican los distintos tipos de anclaje y sus características, la determinación de los

ensayos a los que han de ser sometidos y el método de cálculo de anclajes.

Así pues, cada fabricante de anclajes tendrá que fabricar su producto y someterlo a los ensayos y especificaciones que esta guía determina para obtener el mercado CE, para ello tendrá que ser evaluado favorablemente por cualquiera de los Institutos que forman parte de la EOTA, y que en España son el Instituto Eduardo Torroja (IETcc) y el Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña (ITeC).

En el caso que propongo he optado por anclajes de la marca Hilti, modelo HSL-3 que ha sido evaluado por el Centre Scientifique et Technique du Bâtiment de Paris obteniendo el DITE (ETA, european technical approval; documento de idoneidad técnica europeo) correspondiente, lo que le permite ostentar el mercado CE.

Centre Scientifique et  
Technique du Bâtiment  
4, avenue du Recteur Poincaré  
F-75782 PARIS Cedex 16  
Tél. : (33) 01 40 50 28 28  
Fax : (33) 01 45 25 61 51

☆ ☆  
☆ Autorisé et ☆  
☆ notifié conformément à ☆  
☆ l'article 10 de la directive ☆  
☆ 89/106/EEC du Conseil, du ☆  
☆ 21 décembre 1988, relative au ☆  
☆ rapprochement des dispositions ☆  
☆ législatives, réglementaires ☆  
☆ et administratives des Etats ☆  
☆ membres concernant ☆  
☆ les produits de ☆  
☆ construction. ☆  
☆ ☆

*le futur en construction*  
MEMBRE DE L'EOTA

## European Technical Approval

## ETA-02/0042

(English language translation, the original version is in French language)

Nom commercial : Trade name:	Hilti HSL-3
Titulaire : Holder of approval:	Hilti AG, Business Unit Anchors FL-9494 SCHAAN Principality of Liechtenstein
Type générique et utilisation prévue du produit de construction : Generic type and use of construction product:	Cheville métallique en acier galvanisé, à expansion par vissage à couple contrôlé, de fixation dans le béton : diamètres M8, M10, M12, M16, M20 et M24. Torque-controlled expansion anchor, made of galvanised steel, for use in concrete: sizes M8, M10, M12, M16, M20 and M24.
Validité du : au : Validity from / to:	01/12/2003 09/01/2008
Usine de fabrication : Manufacturing plant:	Plant, Austria
Le présent Agrément technique européen contient : This European Technical Approval contains:	18 pages incluant 11 annexes faisant partie intégrante du document. 18 pages including 11 annexes which form an integral part of the document.

### III ESTUDIO DE MERCADO

#### 1.- Introducción

He centrado este estudio de mercado en la búsqueda de productos similares a la solución que propongo, esto es, con angular corrido o elemento parecido fijado al borde del forjado con anclajes metálicos homologados, sobre esta estructura ira apoyado el cerramiento cerámico. Por tanto los dos elementos sobre los que he hecho este estudio son ménsulas utilizadas en fábricas de albañilería y anclajes metálicos para uso en hormigón.

#### 2.-Mercado Nacional

Como no podía ser de otra manera, he empezado este estudio de mercado en el mercado nacional. Para ello me he servido de directorios de construcción, bases de precios, portales de Internet tales como Construarea o Asturcons y sitios web de fabricantes.

Pues bien, en cuanto a fabricantes nacionales de ménsulas no he encontrado a ninguno que hiciera ménsulas para uso en fábricas de albañilería, y los fabricantes que hay son de pequeñas ménsulas metálicas para otros usos.

En cuanto a fabricantes de anclajes, no he encontrado a ninguno con un producto con marcado CE obtenido por el cumplimiento del DITE 001.

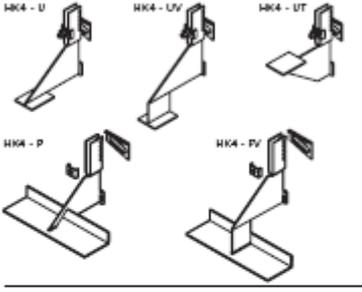
La firma Halfen, aunque es alemana, comercializa en España las siguientes ménsulas:

#### FACHADA VENTILADA DE LADRILLO

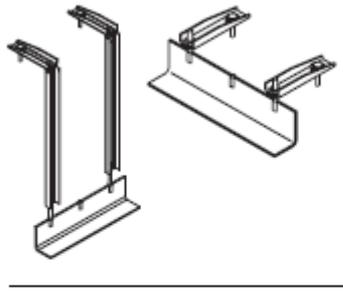
Más información en: Catálogo Aplicación de productos HALFEN ALLWALL®

**Anclajes de consola HK4**  
Aprobado al tipo

Material: acero inox.  
W 1.457 1/1.4401 (A4)

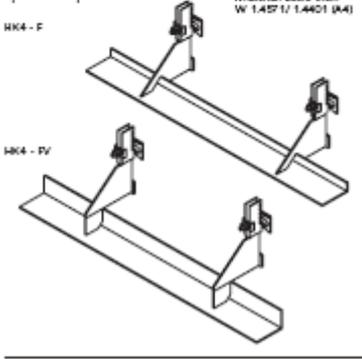


**HALFEN ALLWALL®**  
Sistema HALFEN ALLWALL®



**Anclajes de consola en "L" HK4**  
Aprobado al tipo

Material: acero inox.  
W 1.457 1/1.4401 (A4)



**El sistema se compone de:**

- Apoyos HALFEN ALLWALL®
- Banda flexible para garantizar el apoyo de los ladrillos
- Armadura necesaria para hacer el bronce
- Tis de poliestireno para hacer las juntas en la fábrica

**LSA-W: para fijar a muros fábrica**  
Llaves de acero LSA-W

Material: acero inox.  
W 1.457 1/1.4401 (A4)



Denom. del producto L / d / c (mm)	pas distancia (mm)	Altura (mm)	Referencia Ø142/Ø10:
LSA-W-225/4/25	hasta 100	250	00001
LSA-W-250/4/25	100-125	250	00002
LSA-W-275/4/25	125-150	250	00003
LSA-W-300/4/25	150-175	250	00004
LSA-W-340/4/25	175-215	250	00005

Lo que existen con gran profusión son distribuidores de producto pero no fabricantes.

### 3.- Mercado Internacional

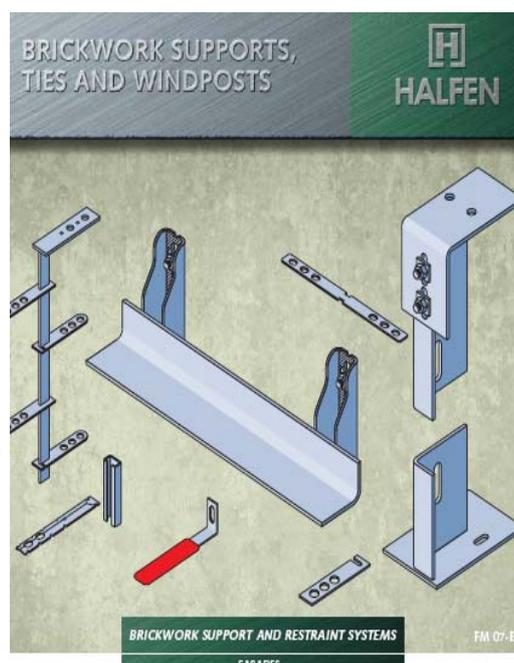
Por mercado internacional entiendo a empresas extranjeras que fabrican ménsulas o anclajes y que cuentan o no con delegación o representación en nuestro país.

Pues bien, en cuanto a fabricantes de ménsulas he encontrado dos firmas con un producto muy parecido a la solución propuesta, éstas son:

- ANCON (MULTINACIONAL AUSTRALIANA SIN REPRESENTACIÓN EN ESPAÑA)



- HALFEN (MULTINACIONAL ALEMANA CON PRESENCIA EN ESPAÑA, SIN EMBARGO EL CATÁLOGO QUE RECOGE LA SOLUCIÓN QUE A MI ME INTERESA LO HE ENCONTRADO EN LA WEB QUE ESTE FABRICANTE TIENE EN EL REINO UNIDO)



En cuanto a fabricantes de anclajes metálicos, existen más fabricantes que de ménsulas, me centraré en los dos fabricantes que considero más importantes:

- HILTI, Fabricante de anclajes (entre otros) del Principado de Liechtenstein con representación en España.



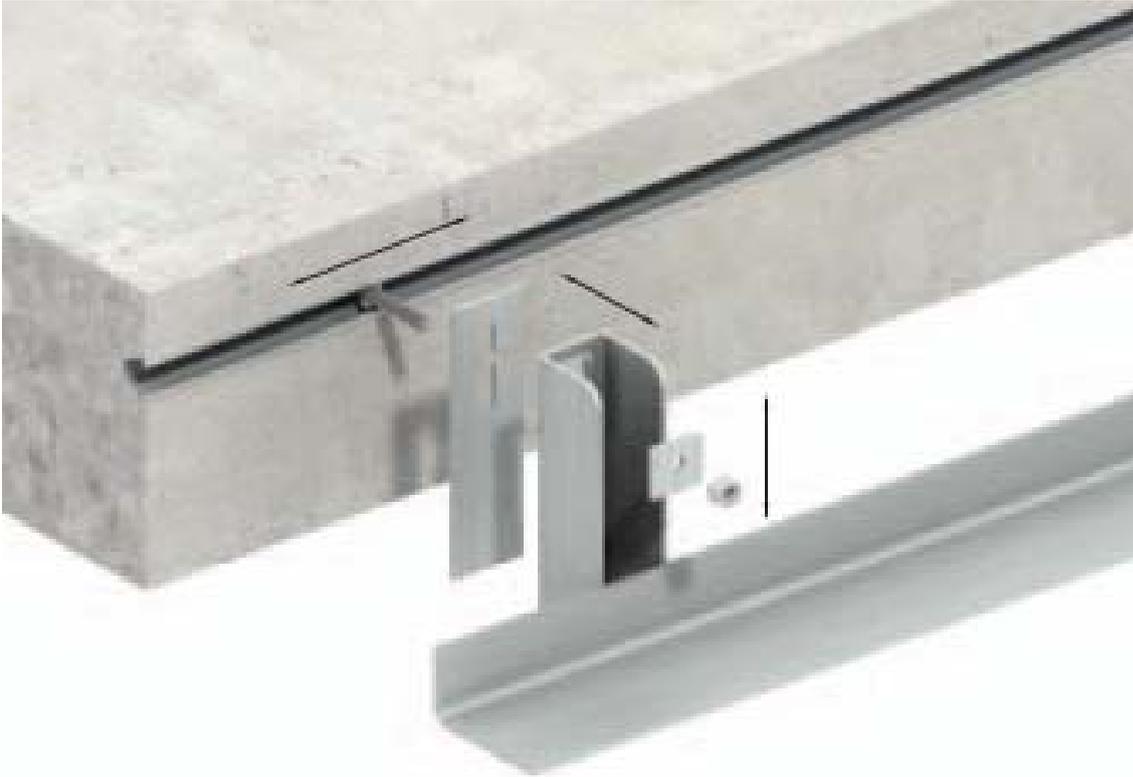
**Hilti Española, S.A.**  
**Avda. Fuente de la Mora 2, Edificio 1**  
**28050 Madrid**  
**Tel.: 902 100 475**  
**91 334 22 00**  
**Fax: 91 358 06 37**  
E-mail: [es.oficina.tecnica@hilti.com](mailto:es.oficina.tecnica@hilti.com)  
[www.hilti.es](http://www.hilti.es)

- Fischer, Fabricante alemán y una de las principales marcas en sistemas de fijación. Con representación en España.

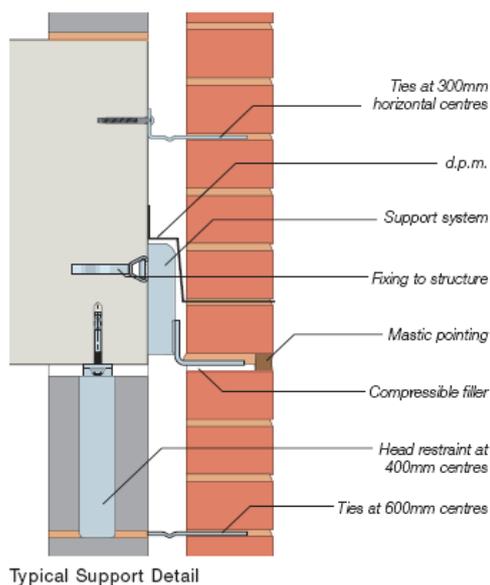


### 3.1 Análisis de los sistemas de ménsula

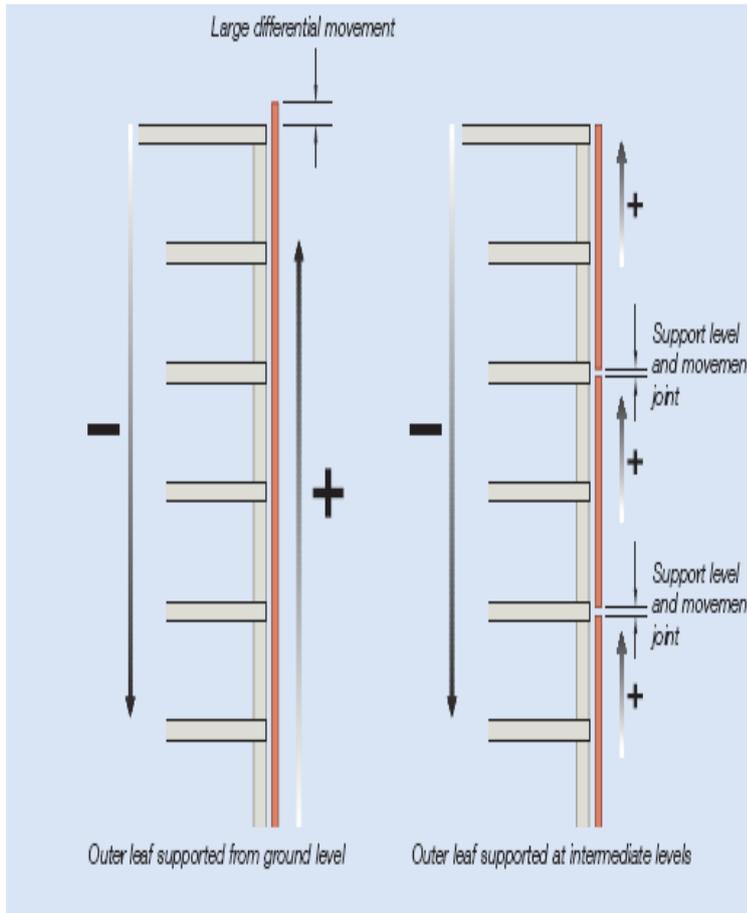
#### 3.1.1 Sistema Ancon



Sistema metálica compuesto por base de apoyo de la fábrica mediante angular y soporte de anclaje trasero que forma la cámara de ventilación. Se consigue el movimiento en las tres direcciones. Ojal coliso en la parte trasera del soporte. Lámina intermedia flexible para aislamiento (evitar corrosión bi-metálica cuando la estructura es metálica) y permitir el movimiento en el plano x. En el eje Y, el libre movimiento se consigue con la acanaladura empotrada en el canto del forjado sobre la que desliza el tornillo en T que lleva dentro. También permite el anclaje de la estructura mediante anclaje mecánico. La fábrica no es portante.



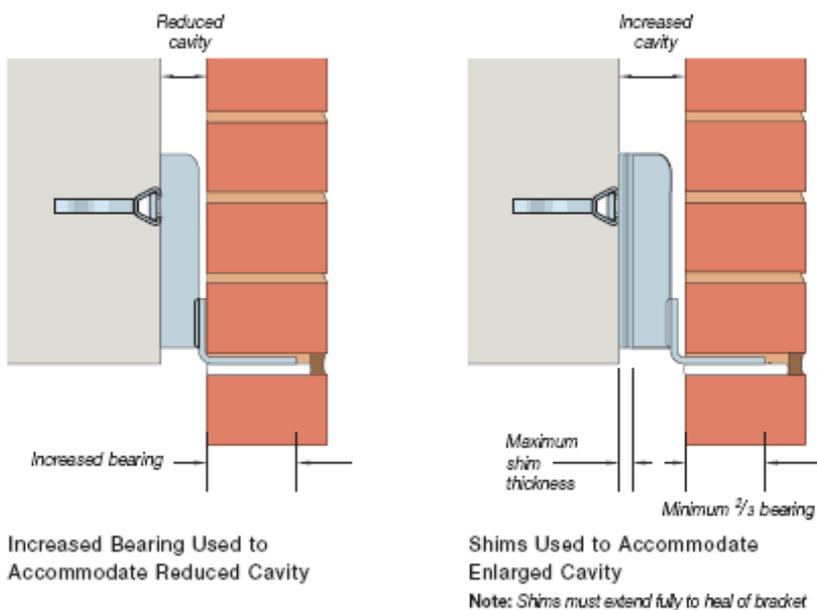
Detalle tipo en sección, con llaves de anclaje (ties), junta horizontal justo debajo del angular, retacada con masilla elástica (mastic) sobre lecho comprensible. El ladrillo utilizado es de grosor 103 mm.



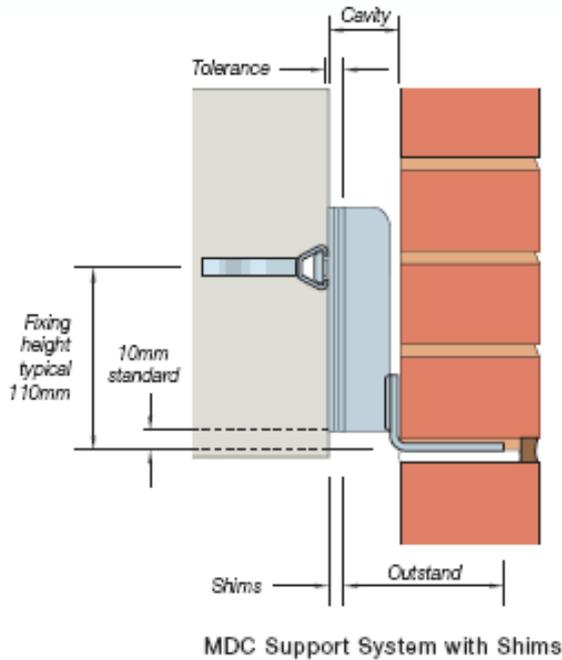
Esquema de juntas horizontales en el cerramiento portado por estructura metálica (masonry cladding) y estructura portante (frame) de hormigón armado. Se dejarán juntas cada dos plantas con un límite de 8 m.

Según la Norma Británica (British Standard) BS 5628 no se requerirán juntas cuando la altura de los edificios sea menor de 12 metros o se superen las cuatro alturas. En el resto de casos se dejarán juntas cada 9 metros o tres alturas. Se dejará 1mm de junta por cada metro que soporten (6m, 6mm)

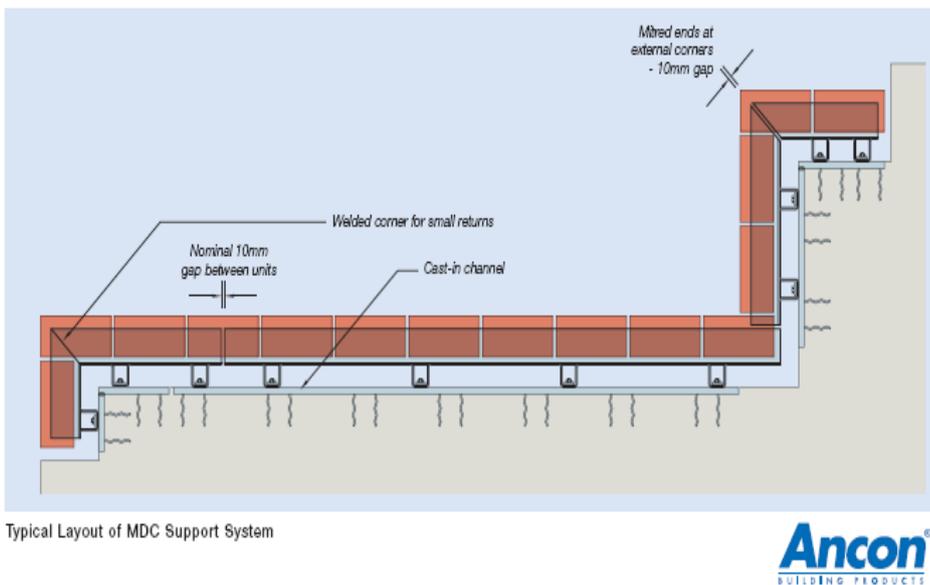
Differential Movement Between Masonry Cladding and Frame



Este sistema permite añadir pletinas supletorias (shims) detrás del soporte para absorber las posibles desviaciones de la estructura. Ladrillo de 103 mm de grosor.



La distancia entre el anclaje de la acanaladura y la parte baja del angular es de 11cm, la separación entre la parte baja del soporte y la parte baja del angular es de 1 cm. Con este sistema se pueden hacer cámaras ventiladas (cavity) desde 30 mm, hasta los 75mm añadiendo pletinas supletorias de un espesor máximo de 16 mm (máximo tres pletinas).



Diseño típico de una estructura soporte de cerramiento formada por soportes y angular con anclaje por medio de acanaladuras metálicas encastradas en el borde del forjado y con tornillo interior en forma de T.

El diseño de la estructura portante y de sus anclajes tendrá que ser estudiado, diseñado y programado antes de dar orden al fabricante de que manufacture las estructuras y los anclajes previstos.

**MDC / type / cavity / masonry load**  
e.g. MDC / R / 50 / 6.6

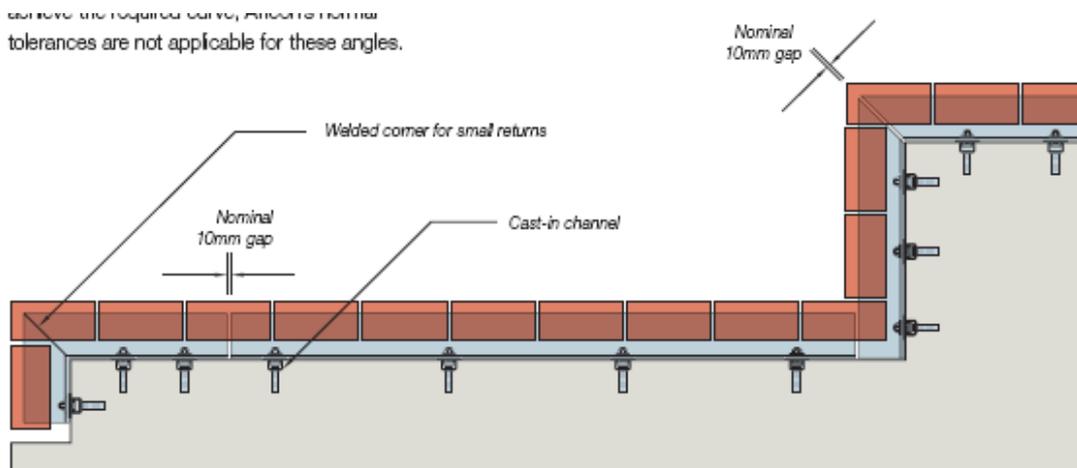
Ancon will design a system with a reversed angle to suit a 50mm cavity and carry 6.6 kN/metre run of masonry.

Esta marcación indica el tipo de angular, que el sistema tiene una cámara de 5cm y puede portar un peso de 6.6 KN/metro.

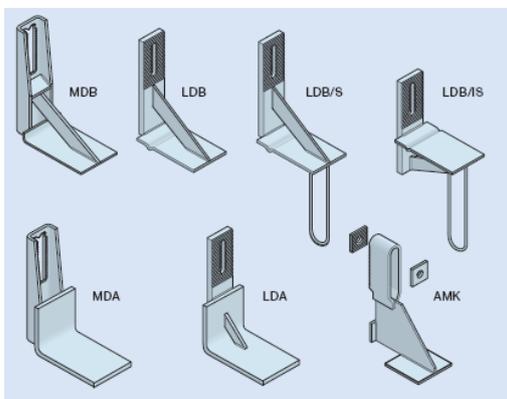
Ancon también comercializa angulares sin soporte y por tanto sin cámara de aire



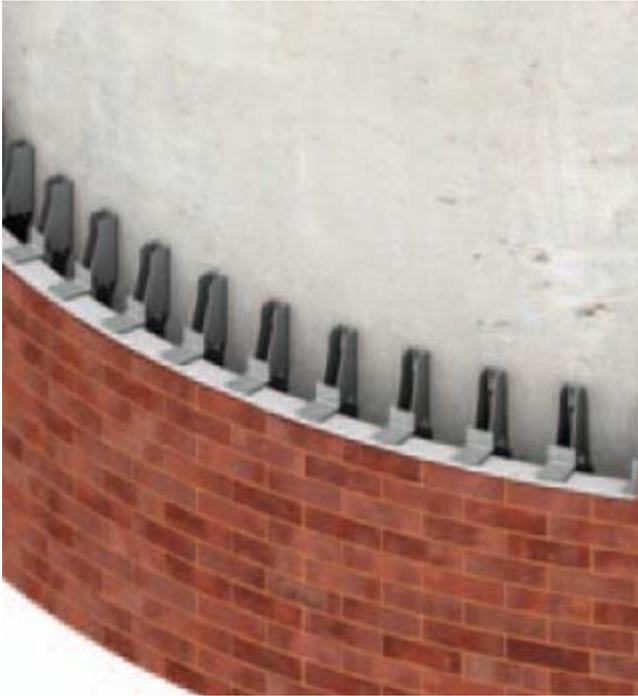
Este sistema es bastante similar al anterior salvo que no tiene soportes que se adhieran al angular, el método de fijación es igual que el anterior.



Typical Layout of CFA Support System



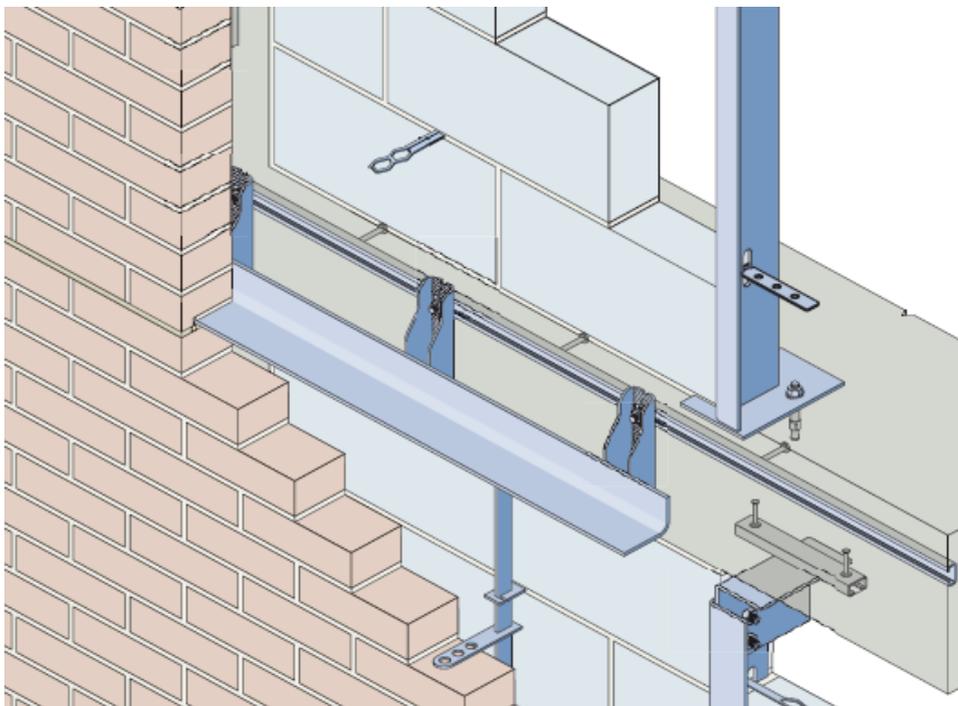
Esta firma Australiana también ha ideado un sistema de ménsulas individuales que se utilizan sobre todo en superficies curvas.



Toda esta información la he obtenido en el catálogo del fabricante de su página web: [www.anconbp.com.au](http://www.anconbp.com.au). Este catálogo es del mes de Septiembre de 2008 por lo que es de absoluta vigencia. Considero que las soluciones propuestas por este fabricante tanto técnica como constructivamente son muy válidas para poderlas implantar en este estudio dado que la exposición que hacen de sus productos tanto en la página web como en el catálogo han sido de muchísimo valor.

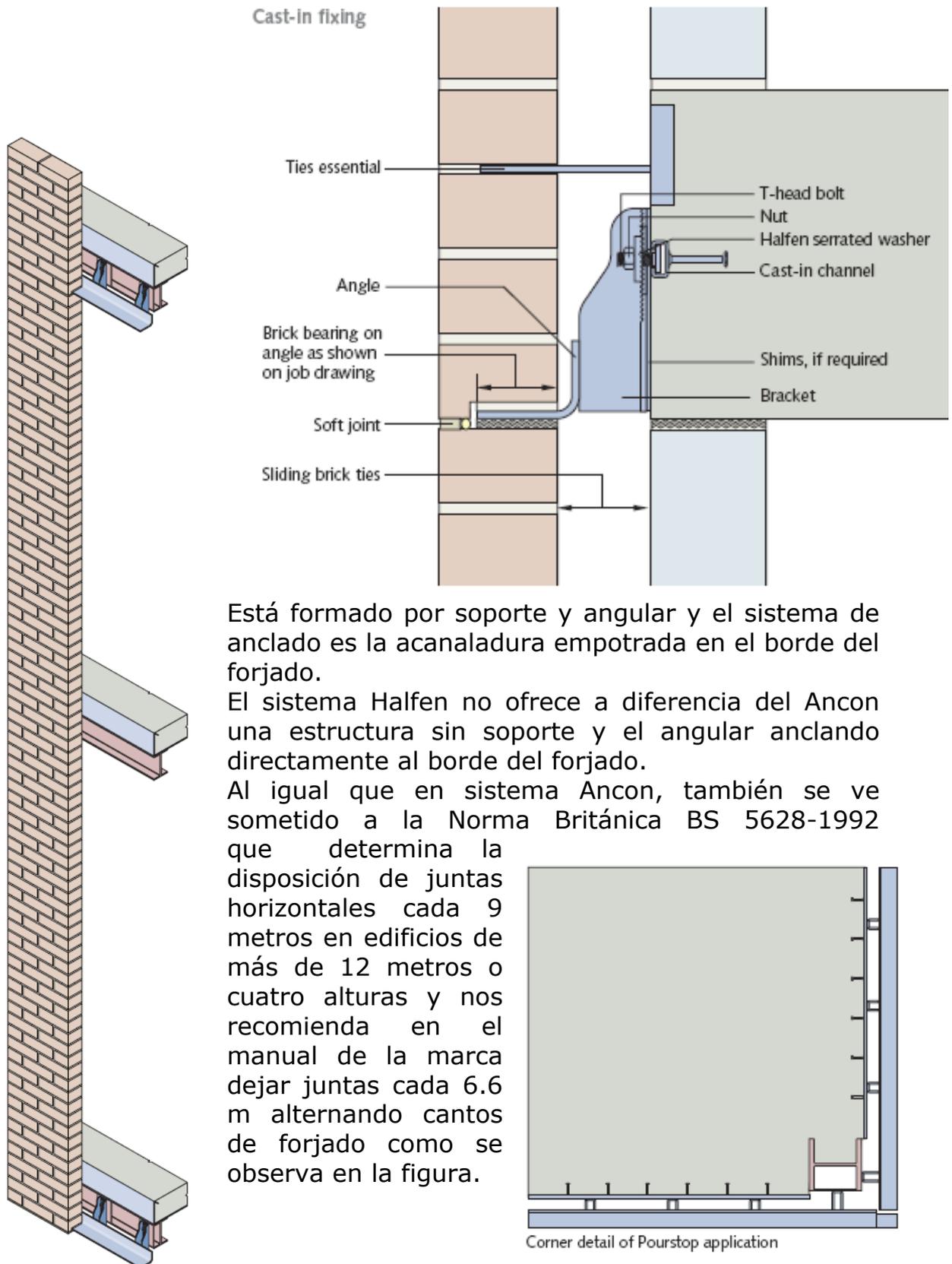
### 3.1.2 Sistema Halfen

Este sistema es bastante parecido al de Ancon, como dije anteriormente, lo localicé en la página web para Reino Unido e Irlanda, en el catálogo Español de la marca no he encontrado esta solución, sólo se ofrecían las ménsulas individuales expuestas anteriormente. Toda la información que expongo aquí la recogí en la web: [www.halfen.co.uk](http://www.halfen.co.uk)



Esquema de productos Halfen UK.

Este sistema, al igual que el anterior, se utiliza como soporte de la fábrica de ladrillo de 103mm sin capacidad portante.

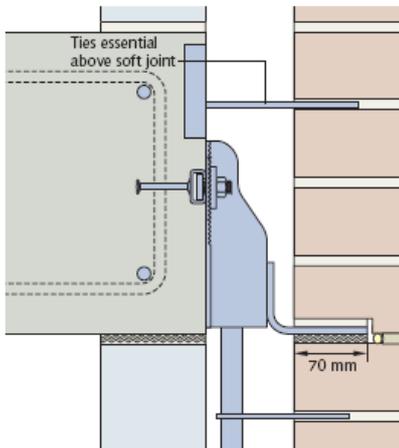


Está formado por soporte y angular y el sistema de anclado es la acanaladura empotrada en el borde del forjado.

El sistema Halfen no ofrece a diferencia del Ancon una estructura sin soporte y el angular anclando directamente al borde del forjado.

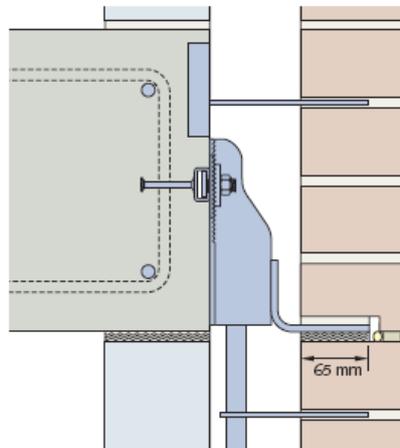
Al igual que en sistema Ancon, también se ve sometido a la Norma Británica BS 5628-1992 que determina la disposición de juntas horizontales cada 9 metros en edificios de más de 12 metros o cuatro alturas y nos recomienda en el manual de la marca dejar juntas cada 6.6 m alternando cantos de forjado como se observa en la figura.

Las juntas verticales entre ménsulas serán de 10 mm, el sistema Halfen permite el ajuste y el movimiento en las tres direcciones x,y,z.



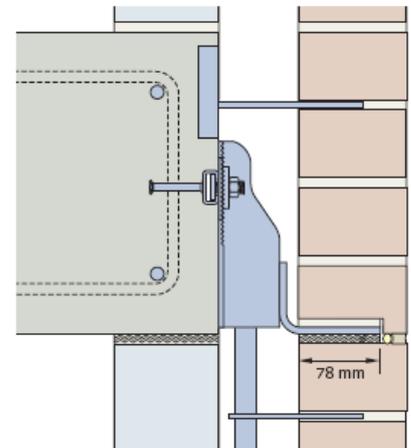
Design bearing 70 mm for 103 mm brick

Note: the bearing on the angle must be checked with the Project Engineer.



Minimum brick bearing = 65 mm

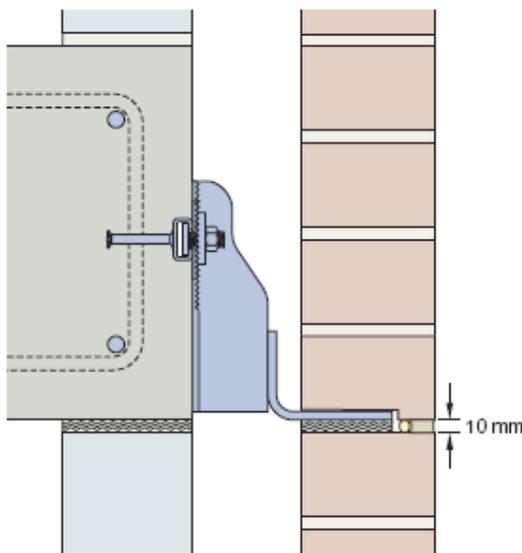
(Site adjustment to suit width of cavity)



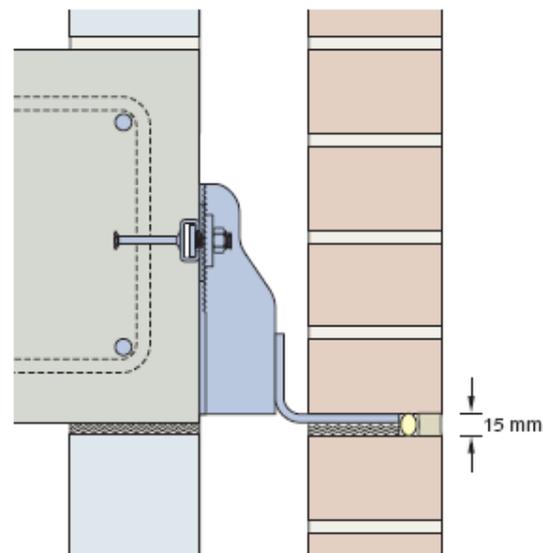
Typical maximum brick bearing = 78 mm

(Site adjustment to suit width of cavity)

### Juntas:



10 mm brick joint maintained by use of rebated bricks



15 mm brick joint if rebated bricks are not used

Las juntas horizontales se harán de un grosor de 10 mm (6mm del grosor del ángulo + 4 mm de mortero) haciendo una escotadura en el ladrillo, también se pueden hacer juntas de 15 mm. Se retacará la junta con un elemento elástico y el angular descansará sobre un lecho comprensible.

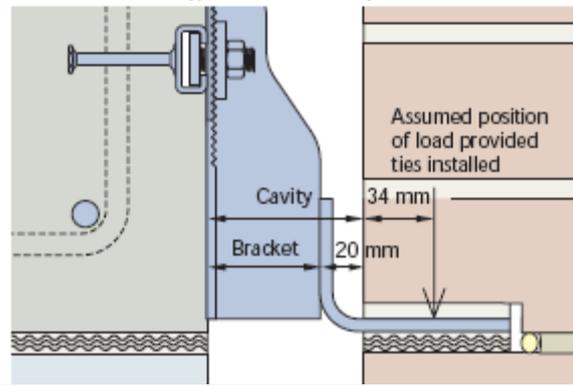
### Cálculo de ménsulas y otros aspectos

Halfen asume que un grosor de fábrica de 103 mm tiene un peso de 2 KN/m<sup>2</sup>.

Como en el caso anterior, antes de encargar la fabricación de la estructura portante, se tendrá que haber planificado la disposición de las ménsulas, las juntas y todo lo necesario para su absoluta definición.

La cámara variará de los 50 a los 150 mm,

Para hacer el cálculo de la ménsula se multiplicará el valor de la carga de la fábrica de ladrillo por 1.4 y esta carga actuará a 1/3 del acabado del ladrillo (por dentro).



La tensión del angular está limitada a 200 N/mm<sup>2</sup> y la flecha máxima autorizada según el manual Halfen es de 1 mm. La carga normal en ménsulas normales se limita a 7kn. Si se superan estas especificaciones lo que se hace es aumentar el número de soporte y anclajes.



Brickwork height = 6.6 m  
Unfactored load = 4.00 kN/bracket  
Cavity = 75 mm  
M12 bolts in 38/17 Halfen channel



Brickwork height = 5.0 m  
Unfactored load = 3.75 kN/bracket  
Cavity = 100 mm  
M12 bolts in 38/17 Halfen channel



Brickwork height = 3.6 m  
Unfactored load = 4.25 kN/bracket  
Cavity = 100 mm  
M12 bolts in 38/17 Halfen channel

1500 mm long angle modules with alternative bracket spacing

Ejemplo de calculo de ménsula de 1.5 m.

Para acabar con este estudio de mercado sobre las ménsulas que ofrecían una solución parecida a la que propongo en este trabajo, he de decir que esperaba haber encontrado a algún fabricante Estadounidense. Sin embargo, no ha sido así, ya sea por la limitación de mis conocimientos en el inglés o porque efectivamente no existen fabricantes de este tipo de subestructuras metálicas, ante esto la reflexión que hago es que el mercado americano no utiliza con profusión el ladrillo cara vista, decantándose masivamente por el empleo de la madera y los paneles aglomerados en la fabricación de las viviendas unifamiliares, que en Gran Bretaña típicamente son de ladrillo, de ahí que los dos fabricantes que he encontrado comercialicen o produzcan este sistema en Gran Bretaña o Australia, islas en la que la Jefa del Estado sigue siendo la Reina Isabel II.

En cuanto a la situación en España me parece que se tendrá que trabajar mucho para alcanzar el nivel que por ejemplo ofrece la empresa australiana, pero el esfuerzo más grande sin duda alguna será el de la concienciación de que estas estructuras tienen que ser utilizadas.

### 3.2 Análisis de los sistemas de anclaje. Sistemas Hilti y Fischer

Para el análisis de los anclajes que se utilizarán en la solución propuesta, he optado por dos marcas líderes con productos que cumplen con la legislación europea para su mercado CE, con la verificación de esto, finalizare el análisis de los anclajes.

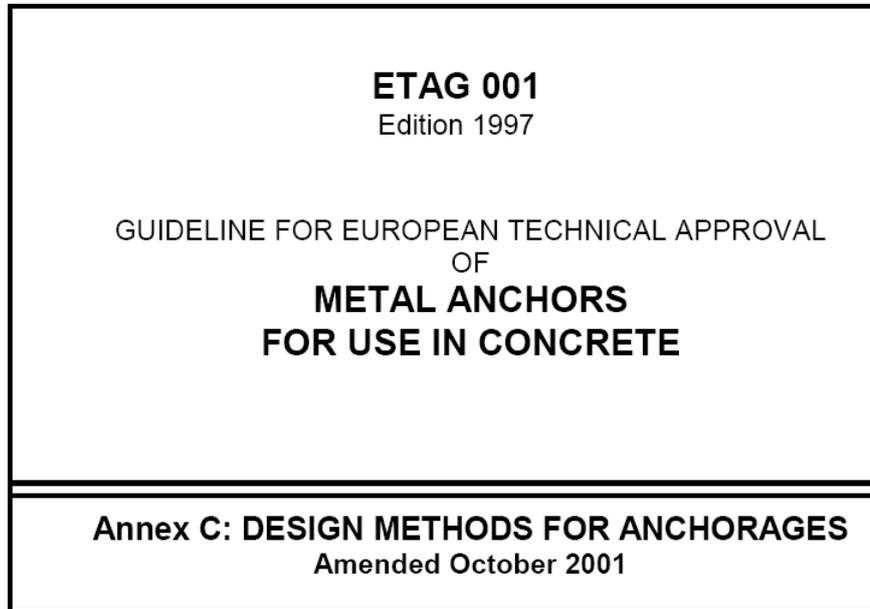
Las marcas Hilti con su modelo HSL-3 y Fischer con el modelo High Performance Ancor FH cumplen con los requisitos establecidos por la parte 2 de la guía ETAG 001 que trata sobre el diseño y las especificaciones que tienen que reunir los anclajes mecánicos (torque-controlled expansion anchors)

**ETAG 001**  
Edition 1997

GUIDELINE FOR EUROPEAN TECHNICAL APPROVAL  
OF  
**METAL ANCHORS**  
**FOR USE IN CONCRETE**  
Amended November 2006

**Part two: TORQUE-CONTROLLED  
EXPANSION ANCHORS**

Además de ésto, para el cálculo de estos anclajes, estas marcas cumplen con el Anexo C de esta guía.



Todo esto se corrobora en los Documentos de Idoneidad Técnica concedidos a estos fabricantes por los Institutos Tecnológicos de la Construcción pertenecientes a la EOTA que han ensayado favorablemente sus productos para certificar que efectivamente cumple la norma.

Centre Scientifique et  
Technique du Bâtiment  
4, avenue du Recteur Poincaré  
F-75782 PARIS Cedex 10  
Tel. : (33) 01 40 50 28 28  
Fax : (33) 01 45 25 61 51



**CSTB**  
le futur en construction  
MEMBRE DE L'EOTA

Deutsches Institut  
für Bautechnik

Anstalt des öffentlichen Rechts  
10829 Berlin, Kolonnenstraße 30 L  
Tel.: +49(0)30-78730-0  
Fax: +49(0)30-78730-320  
e-Mail: dibt@dibt.de



**DIBT**

Mitglied der EOTA

**European Technical Approval** **ETA-02/0042**

(English language translation, the original version is in French language)

Nom commercial : Trade name:	Hilti HSL-3
Titulaire : Holder of approval:	Hilti AG, Business Unit Anchors FL-9494 SCHAAN Principality of Liechtenstein
Type générique et utilisation prévue du produit de construction :	Cheville métallique en acier galvanisé, à expansion par vissage à couple contrôlé, de fixation dans le béton : diamètres M8, M10, M12, M16, M20 et M24.
Generic type and use of construction product:	Torque-controlled expansion anchor, made of galvanised steel, for use in concrete: sizes M8, M10, M12, M16, M20 and M24.
Validité du : au : Validity from / to:	01/12/2003 09/01/2008
Usine de fabrication : Manufacturing plant:	Plant, Austria
Le présent Agrément technique européen contient : This European Technical Approval contains:	18 pages incluant 11 annexes faisant partie intégrante du document. 18 pages including 11 annexes which form an integral part of the document.

Dite Hilti HSL-3

**European Technical Approval** **ETA-99/0003**

English translation prepared by DiBi

Handelsbezeichnung Trade name	fischer Hochleistungsanker FH fischer High-Performance Anchor FH
Zulassungsinhaber Holder of approval	fischerwerke Artur Fischer GmbH & Co. KG Weinhalde 14-18 72178 Waldachtal
Zulassungsgegenstand und Verwendungszweck	Kraftkontrolliert spreizender Dübel aus galvanisch verzinktem Stahl in den Größen M 6, M 8, M 10, M 12 und M 16 zur Verankerung im Beton
Generic type and use of construction product	Torque-controlled expansion anchor made of galvanised steel of sizes M 6, M 8, M 10, M 12 and M 16 for use in concrete
Geltungsdauer vom Validity from bis to verlängert vom extended from bis to	20. November 2001 21. Februar 2005 2. März 2005 21. Februar 2010
Herstellwerk Manufacturing plant	fischerwerke, Herstellwerk 1, Deutschland fischerwerke, Herstellwerk 2, Deutschland fischerwerke, Herstellwerk 3, Tschechien

Dite Fischer FH

## **IIII CÁLCULO DE LOS ANCLAJES Y DEL ANGULAR**

### 1.- Datos de Partida

#### 1.1 Anclaje

Para la solución utilizaremos anclajes de la marca Hilti, modelo HSL-3, las especificaciones de este anclaje son las siguientes:



<b><u>Características:</u></b>	
	- Válido para hormigón fisurado
	- Alta capacidad de carga
	- Fuerza de expansión controlada
	- Adecuado para impacto y sismo
	- No gira dentro del taladro cuando se aprieta
<b><u>Material:</u></b>	
	- Calidad 8.8 acc. DIN EN ISO 898-1 galvanizado mínimo 5 micras
<b><u>Versiones:</u></b>	
HSL-3	- Tornillo cabeza hexagonal



HSL-3 Versión tornillo

### Datos básicos de carga (para un anclaje aislado): HSL-3

Todos los datos de esta sección se aplican para para más detalles del método de diseño, ver páginas 135– 139

- Hormigón: ver tabla siguiente
- Sin influencia de bordes o anclajes
- Colocación correcta (Ver operaciones de colocación en página 132)
- Rotura del **acero**

**CONC** Hormigón no fisurado

 Hormigón fisurado

Resistencia última media,  $R_{u,m}$  [kN]: hormigón  $\cong$  C20/25

Métrica	M8	M10	M12	M16	M20	M24
Tracción $N_{R_{u,m}}$	28.4	37.7	53.4	71.3	100.6	133.1
Cortante $V_{R_{u,m}}$	<b>43.0</b>	63.5	88.9	128.6	160.6	239.7

M8	M10	M12	M16	M20	M24
20.3	26.9	38.1	50.9	71.8	95.0
<b>43.0</b>	63.5	88.9	128.6	160.6	239.7

Resistencia característica,  $R_k$  [kN]: hormigón  $\cong$  C20/25

Métrica	M8	M10	M12	M16	M20	M24
Tracción $N_{R_k}$	23.4	29.5	36.1	50.4	70.4	92.6
Cortante $V_{R_k}$	<b>31.1</b>	<b>49.2</b>	<b>71.7</b>	<b>101.1</b>	<b>141.9</b>	<b>177.4</b>

M8	M10	M12	M16	M20	M24
16.7	21.1	25.8	36.0	50.3	66.1
<b>31.1</b>	<b>49.2</b>	<b>71.7</b>	<b>101.1</b>	<b>141.9</b>	<b>177.4</b>

Los siguientes valores son según:

#### Método de resistencia del hormigón (Método CC)

Resistencia de diseño,  $R_d$  [kN]: hormigón  $f_{ck,cube} = 25 \text{ N/mm}^2$

Métrica	M8	M10	M12	M16	M20	M24
Tracción $N_{R_d}$	15.6	19.7	24.1	33.6	46.9	61.7
Cortante $V_{R_d}$	24.9	39.4	57.4	80.9	113.5	141.9

M8	M10	M12	M16	M20	M24
6.7	10.7	17.2	24.0	33.5	44.1
24.9	39.4	57.4	80.9	113.5	141.9

Carga recomendada,  $L_{rec}$  [kN]: hormigón  $f_{ck,cube} = 25 \text{ N/mm}^2$

Métrica	M8	M10	M12	M16	M20	M24
Tracción $N_{Rec}$	11.1	14.0	17.2	24.0	33.5	44.1
Cortante $V_{Rec}$	17.8	28.1	41.0	57.8	81.1	101.4

M8	M10	M12	M16	M20	M24
4.8	7.6	12.3	17.1	24.0	31.5
17.8	28.1	41.0	57.8	81.1	101.4

Considero que el anclaje se coloca en hormigón fisurado.

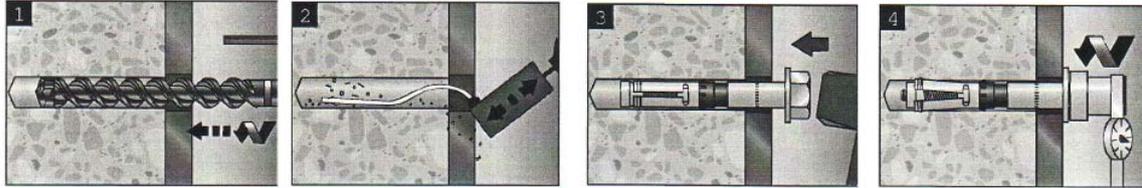
Utilizaré los valores de carga recomendada para el método CC dados por la marca y en los que se tienen en cuenta la distancia al borde del forjado y la proximidad de otros anclajes aminorando los valores de resistencia a cortante y a tracción de los valores de resistencia última media y característica obtenidos mediante ensayos.

La métrica que utilizaré será la M8, con una **resistencia a tracción recomendada de 4.8 KN y a cortante de 17.8 KN.**

## Herramientas de colocación

Martillo rotatorio (TE1, TE2, TE5, TE6, TE6A, TE15, TE15-C, TE18-M, TE35, TE46, TE56, TE76), un martillo, un bombín de limpieza y una llave dinamométrica.

## Operaciones de colocación



Realizar el taladro a percusión.

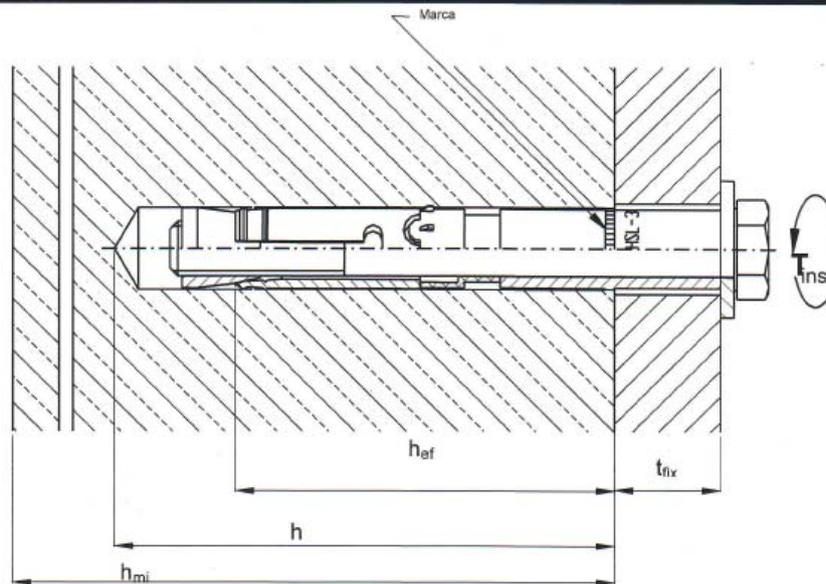
Limpiar el taladro de polvo y fragmentos.

Colocar el anclaje.

Aplicar el par de apriete con llave dinamométrica (para HSL-3-B: no es necesario).

El diámetro del vaso de la llave dinamométrica corresponde al de la arandela del anclaje aproximadamente. Es una llave de carraca con un marcador en el mástil. No presenta dificultad para aplicar el par de apriete del anclaje que es de **25 Nm**.

## Datos de colocación



### HSL-3

Métrica		M8/ t <sub>fix</sub>	M10/ t <sub>fix</sub>	M12/ t <sub>fix</sub>	M16/ t <sub>fix</sub>	M20/ t <sub>fix</sub>	M24/ t <sub>fix</sub>
t <sub>fix</sub> [mm]	Espesor a fijar (corto/ mediano/ largo) <sup>1)</sup>	5/20/40	5/20/40	5/25/50	10/25/50	10/30/60	10/30/60
d <sub>0</sub> [mm]	Diámetro nominal de broca	12	15	18	24	28	32
[mm]	Diámetro de broca	≤ 12.5	≤ 15.5	≤ 18.5	≤ 24.55	≤ 28.55	≤ 32.7
h <sub>1</sub> [mm]	Profundidad del taladro	80	90	105	125	155	180
h <sub>ef</sub> [mm]	Profundidad efectiva del anclaje	60	70	80	100	125	150
l [mm]	Longitud del anclaje <sup>2)</sup>						
	l <sub>c</sub> corto	83	95	111	138	163	185
	l <sub>m</sub> mediano	98	110	131	153	183	205
	l <sub>l</sub> largo	118	130	156	178	213	235
[mm]	Tuerca y arandela	7,5	10	11	14	17	19
d <sub>w</sub> [mm]	Diámetro de arandela	20	25	30	40	45	50
h <sub>min</sub> [mm]	Espesor mínimo del material base	120	140	160	200	250	300
d <sub>r</sub> [mm]	Diámetro en chapa	14	17	20	26	31	35
S <sub>VV</sub> [mm]	Ancho de llave	13	17	19	24	30	36
T <sub>inst</sub> [Nm]	Par de apriete	25	50	80	120	200	250

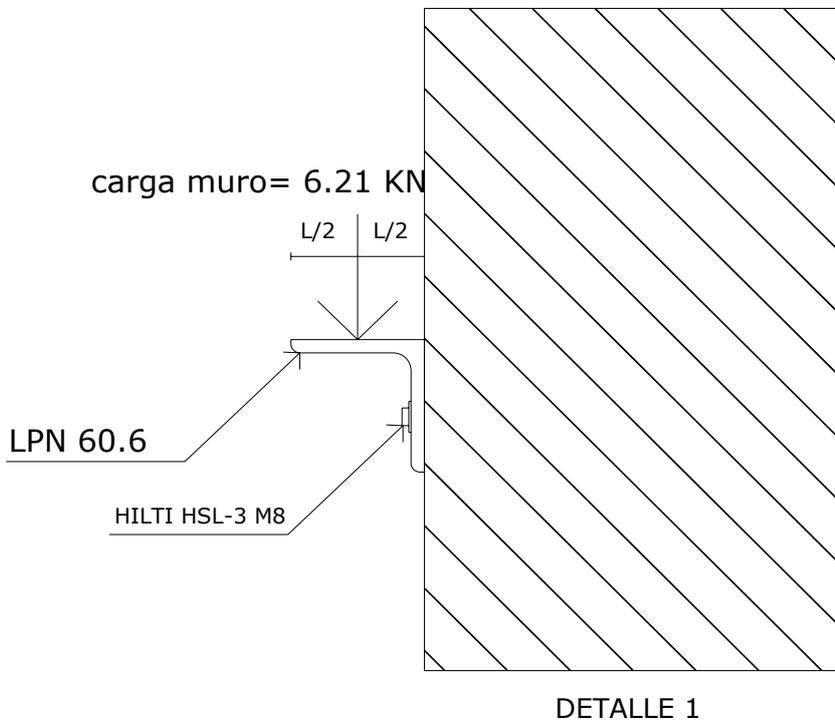
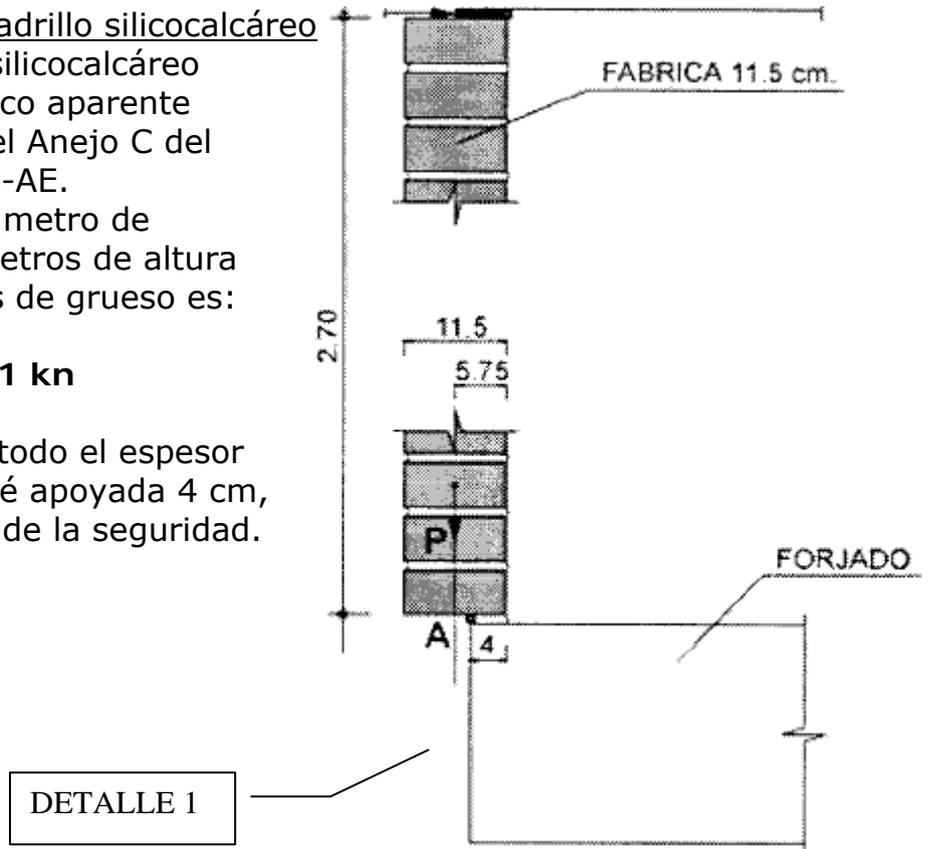
### 1.2 Fabrica de ladrillo silicocalcáreo

La fábrica de ladrillo silicocalcáreo tiene un peso específico aparente de  $20 \text{ kn/m}^3$ , según el Anejo C del Documento Básico SE-AE.

Así pues el peso de 1 metro de cerramiento de 2.7 metros de altura y de 11.5 centímetros de grueso es:

$$20 \times 0.115 \times 2.7 \times 1 = \mathbf{6.21 \text{ kn}}$$

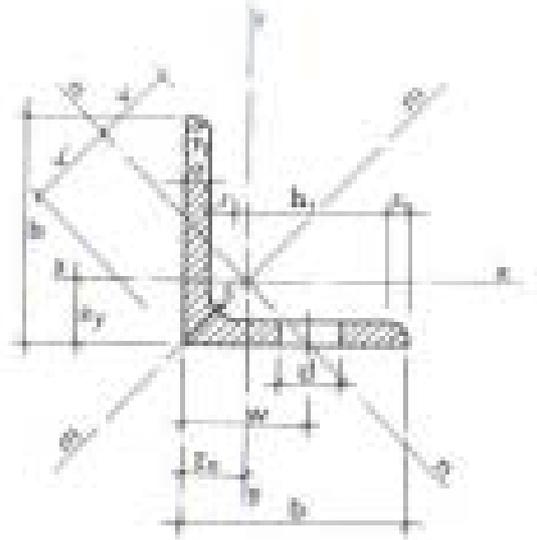
Considero el peso de todo el espesor de la hoja aunque esté apoyada 4 cm, así se estará del lado de la seguridad.



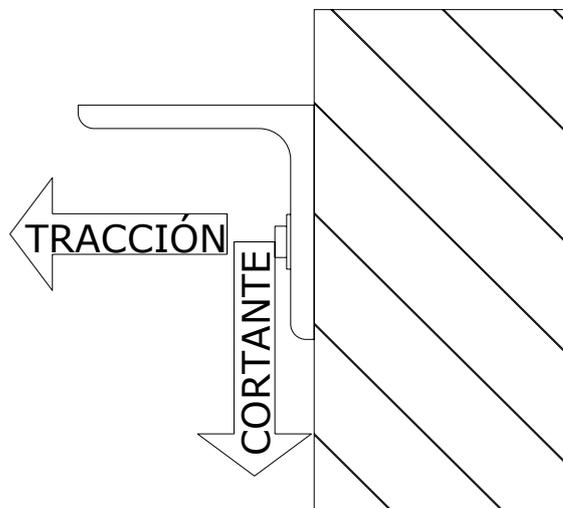
### 1.3 Datos del angular

Voy a utilizar un perfil L 60.6 cuyas características resistentes son las siguientes:

$$I_x = I_y = 228000 \text{ mm}^4$$



## 2.- Cálculos



### 2.1 Cortante

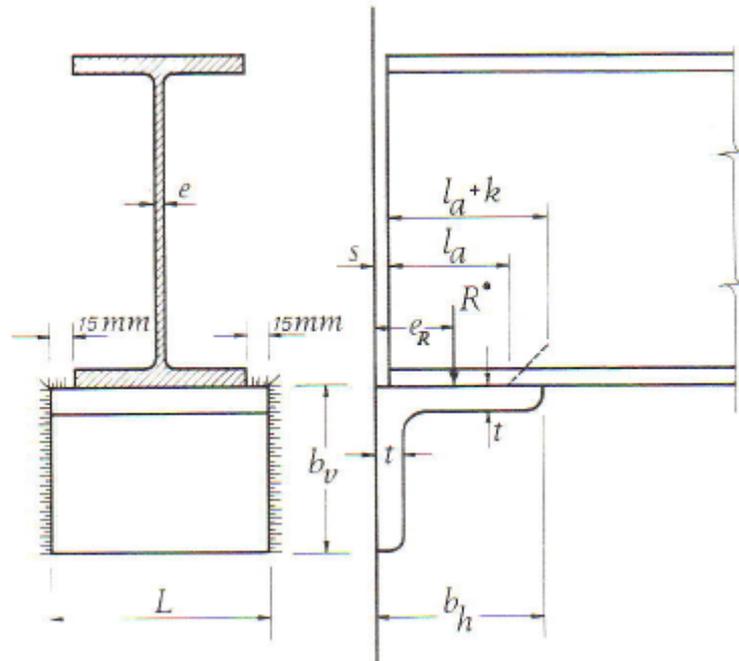
El esfuerzo cortante es el peso del nuestro cerramiento, 6,21 KN.  
 La resistencia a cortante recomendada por el fabricante del anclaje M8 es de 17.8 KN.

**17.8 KN (M8) > 6.21KN Anclaje válido para cortante**

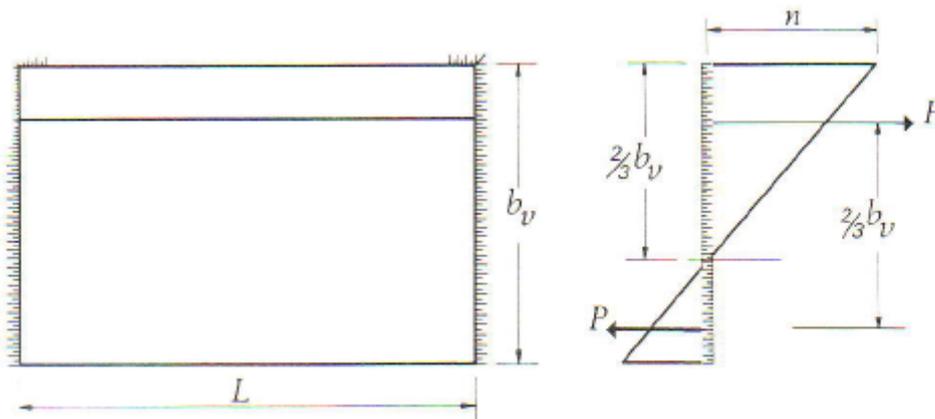
## 2.2 Tracción

Para el cálculo de las tracciones que soporta el anclaje me voy a valer del Prontuario ENSIDESA, Manual Para el Cálculo de Estructuras Metálicas, mas concretamente de la parte de uniones atornilladas, roblonadas y soldadas.

Pues bien, en una de las uniones soldadas que describe el prontuario nos encontramos con la siguiente figura:



La parte que me interesa es la del angular soldado en el soporte metálico. El angular también puede ir roblonado o atornillado, en estos casos el Prontuario desprecia los esfuerzos de tracción en el angular y en aquellos que están soldados, nos remite a esta figura, dándonos la siguiente distribución de tensiones en la soldadura:



Suponiendo que esta distribución de tensiones en la soldadura fuese válida para mi supuesto, el eje neutro está a 2/3 del borde superior, el equilibrio con la reacción exterior conduce a la igualdad que el Prontuario nos da:

$$R/2 \times er = P \times 2/3 \times bv$$

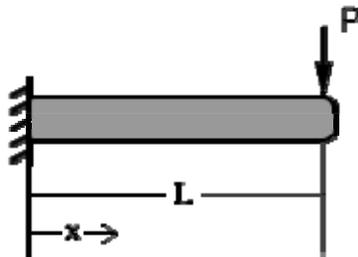
Utilizando mis datos queda así:

$$6.21 \text{ kn}/2 \times 30 \text{ mm} = P \times 2/3 \times 60 \text{ mm}$$

$$P = 2.35 \text{ kn} < 4.8 \text{ kn (M8) Anclaje válido para tracción.}$$

### 2.3 Flecha del Angular

Para el cálculo de la flecha de vigas en ménsula de sección constante utilizaré el siguiente esquema de carga y de sustentación:



Con la fórmula:

$$y = \frac{-Px^2}{6EI} (3L - x)$$

$$Y = (6.21 \text{ kn} \times 30^2) \times [(3 \times 60) - 30] / (6 \times 210 \text{ kn/mm}^2 \times 228000 \text{ mm}^4)$$

$$Y = (5589 \times 150) / 1260 \times 228000 =$$

$$= 0.003 \text{ mm} < 1 \text{ mm angular válido}$$

## **BIBLIOGRAFÍA**

**Referencia 1:** Asociación de Seguros Mutuos de Arquitectos Superiores. Prevención de Patologías en Fachadas (4). Cerramientos de hojas de fábrica de ladrillo cara vista FFC 001. No se especifica autor. Sin numerar.

Páginas: 8, 9, 11, 12, 14

**Referencia 2:** 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.

Páginas: 8, 21, 22, 25, 26, 30

**Referencia 3:** Cuadernos Intemac nº 8, 4º Trimestre 1992. Autor José María Luzón Cánovas. "Estabilidad estática de los cerramientos de fachadas de fábricas" paginas

Páginas: 9, 10, 13

**Referencia 4:** Norma UNE-EN 845-1:2003. Especificación de Componentes Auxiliares para fábricas de albañilería. Parte 1: Llaves, amarres, colgadores, ménsulas y ángulos

Páginas: 32,33, 34

**Referencia 5:** DITE 001:97 Metal Anchors for use in concrete.

Páginas: 34, 35, 47

**Referencia 6:** Manual de Productos Ancon. Septiembre de 2008.

[www.ancon.com.au](http://www.ancon.com.au)

Páginas: 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43

**Referencia 7:** Manual de Productos Halfen, 2008. [www.halfen.com.uk](http://www.halfen.com.uk)

Páginas:43, 44, 45, 46, 47

**Referencia 8:** Manual Técnico de Anclajes Hilti. Edición 2004.

Páginas: 49, 50,51

**Referencia 9:** Prontuario ENSIDESA. Manual para el Cálculo de Estructuras Metálicas.

Páginas: 54, 55

**Referencia 10:** Código Técnico de la Edificación.

Páginas:16, 17, 18, 19, 22, 53

**Referencia 11:** EHE 08. Instrucción de Hormigón Estructural.

Páginas: 19