

Cerramientos de hojas de fábrica de ladrillo cara vista

Las exigencias de calidad constructiva de la sociedad española dentro del marco europeo no admiten deficiencias en el comportamiento del cerramiento ni su agrietamiento.

El módulo del ladrillo centroeuropeo M-20, de 9 cm de ancho, no permite levantar un muro de una planta de altura y 1/2 pie de grueso sin estabilizarlo previamente, atándolo a la hoja interior de carga mediante llaves metálicas. Por el contrario, en España, los módulos métrico (castellano) M-25, de 11,5 cm de ancho y DIN (catalán) M-30, de 13,5 cm de ancho, sí permiten construir alturas de 3 m con 1/2 pie de grueso, sin requerir llaves para atarlos a la hoja interior, transmitiendo a la vez la acción del viento a los soportes de la fachada. El ancho de nuestros ladrillos permite incluso apoyar el cerramiento, volando un tercio del ancho de la hoja exterior sobre el canto del forjado, sin precisar anclajes. No obstante, 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. El paso de humedad, la falta de ventilación de la cámara, las discontinuidades del aislamiento, etc., son problemas comunes que debemos prevenir, aunque nos veamos obligados a cambiar la técnica de la construcción de los cerramientos de las estructuras reticulares.

Causas que originan patología en cerramientos

1. 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 (se acepta 0,6 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** AEH-500 del hormigón armado de alto límite elástico genera mayor flecha.

2. INFLUIDAS POR LAS NORMAS

- La **EF-88** indica limitaciones de flecha de 1/500 (o 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.
- La **NBE-FL90** permite separar las juntas de dilatación 50 metros en un clima continental y 40 m en un clima marítimo, pero suponen demasiada longitud para los morteros de cemento actuales y para el clima tan extremo al que se ven sometidos; si no se arma, no se debe pasar de 16 m en climas continentales o de 20 m en los marítimos.

El **EC-6 Parte 2** todavía es más restrictivo con las fábricas sin armar, fijando como máximo juntas cada 12 m en paños centrales y cada 6 m en los paños que tengan limitada la libertad de movimiento, como las esquinas extremas de un edificio.

3. SURGIDAS POR LA FALTA DE CÁLCULO

- Los **cerramientos** de ladrillo de 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 4 m) o alturas (mayores de 3 m). Este hecho se da habitualmente en nuestro país porque la hoja exterior del cerramiento se coloca empotrada entre los soportes a ambos lados, y arriba y abajo, entre los forjados de las estructuras porticadas.

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

4. DEBIDAS AL DISEÑO CONSTRUCTIVO

- Los **forjados** de vigas planas, con coeficientes de esbeltez del 22-24 %, agudizan la deformación del apoyo del cerramiento, especialmente con luces mayores de 4 metros. Se estima como antieconómico construir con esbelteces próximas al 20 % de la luz, al tiempo que se teme perder volumen edificable por no utilizar vigas de canto.

5. 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, frenteando el entramado de forjados y pilares con plaquetas de apenas 3 cm de grueso. Ello debilita el cerramiento e impide la libertad de movimiento, lo que produce agrietamiento.

6. 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.

7. 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, los cuales se suman a las iniciales de la retracción del hormigón.
- 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.

8. PROVOCADAS POR SEÍSMO

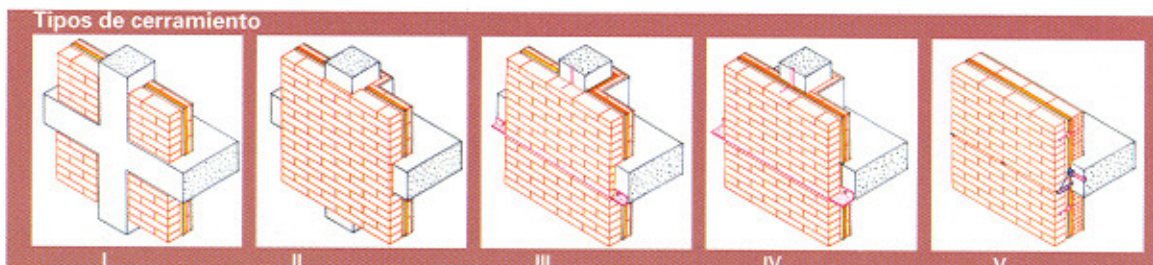
- En aquellas zonas de grado sísmico elevado es imprescindible armar los tendeles de la fábrica cada 40 cm de altura como mínimo, además de armar verticalmente de forma apropiada.



Análisis de los cerramientos utilizados

Cerramiento I *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 pueda quedar vista y donde no primen las exigencias energéticas.



Cerramiento II Volado 1/3 / soporte enrasado no visto

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.

Cerramiento III 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. Se mantiene la patología del caso II pero sólo a nivel de forjado.

Cerramiento IV Pasante sobre angular corrido / soporte separado

Construcción española utilizada 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.

Cerramiento V Pasante sobre consola / zona sin soporte

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

Recomendaciones para mejorar su ejecución

Cerramiento I Al encontrarse el cerramiento empotrado en la estructura no se obtiene la eficacia exigible en viviendas, incluso aplicando mejoras con un incremento del coste.

Cerramiento II Aplicando las mejoras requeridas, que generan también un incremento de costes, no llega a la calidad exigible para determinadas edificaciones. El apoyo causa la inestabilidad de la hoja exterior.

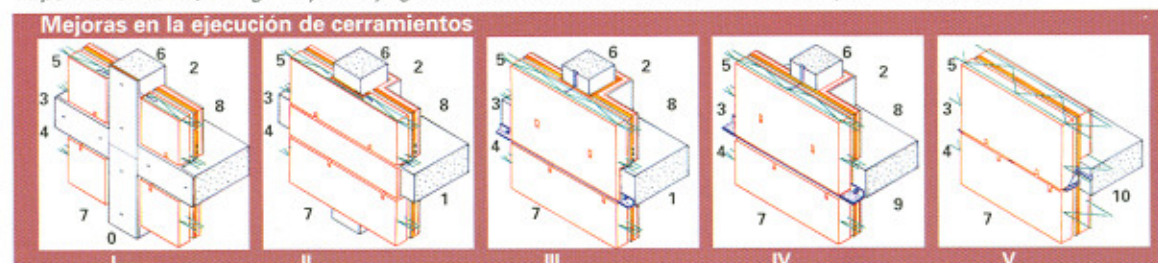
Cerramiento III Se mantiene la patología del caso II pero sólomente a nivel del forjado. El tipo de apoyo sigue generando problemas de inestabilidad en la hoja exterior del cerramiento.

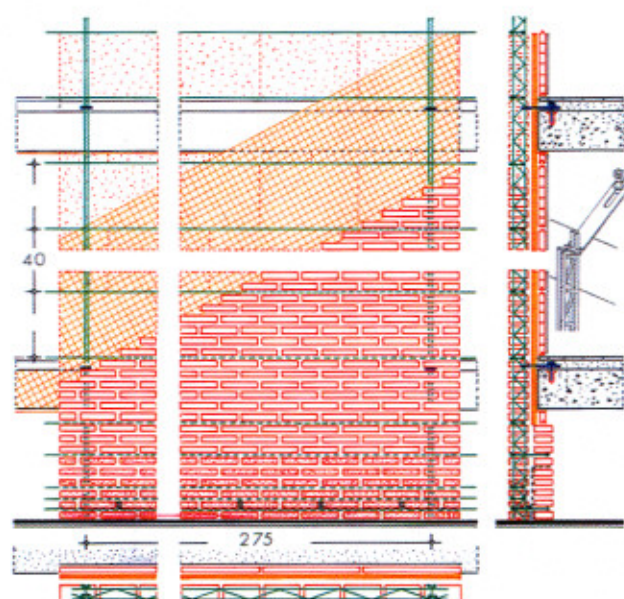
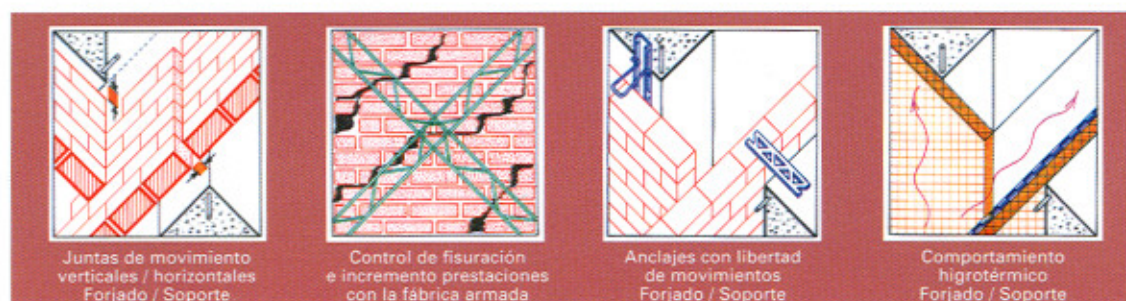
Cerramiento IV El angular de grandes dimensiones (L de 15 cm) ofrece dificultades para su colocación en obra al no ser un sistema regulable que permita solventar las diferencias del frente del forjado. Existe el peligro de corrosión si se recurre a soldaduras en obra, no siendo además una solución económica. Existen problemas de inestabilidad de la hoja exterior del cerramiento frente al viento si no se ancla a los soportes.

Cerramiento V No presenta las dificultades anteriores, pero el abundante número de consolas de apoyo necesarias junto con la necesidad de hoja interior y llaves de atado, lo hacen excesivamente costoso y grueso provocando la pérdida de espacio útil. La ventaja de sustituir las llaves por armaduras de tendel entre ambas hojas incrementa las prestaciones del cerramiento al mismo tiempo que controla la producción de fisuras.

Descripción de los gráficos:

0 panel aislante, **1** malla inoxidable, **2** junta de movimiento vertical, **3** junta de movimiento horizontal, **4** sellado de juntas, **5** armaduras de tendel, **6** anclaje al soporte con movimiento adecuado, **7** huecos de ventilación, **8** babero impermeabilizante, **9** angular y anclaje galvanizado sin soldar en obra, **10** consolas y llaves inoxidablebles.

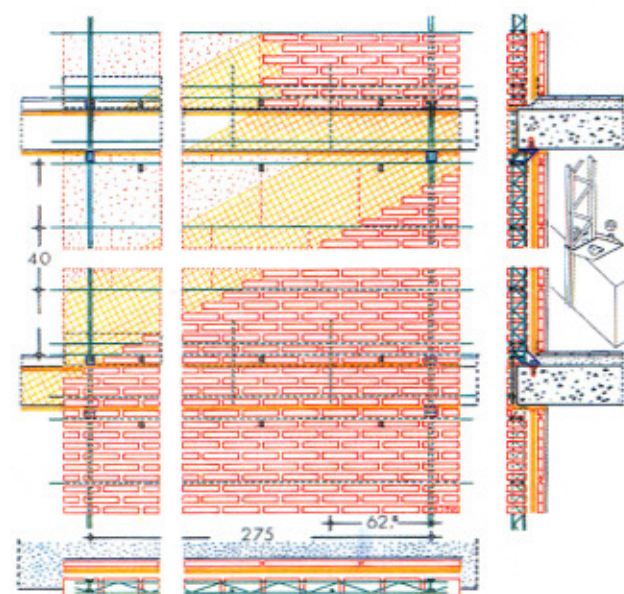




Cerramiento autoportante

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.



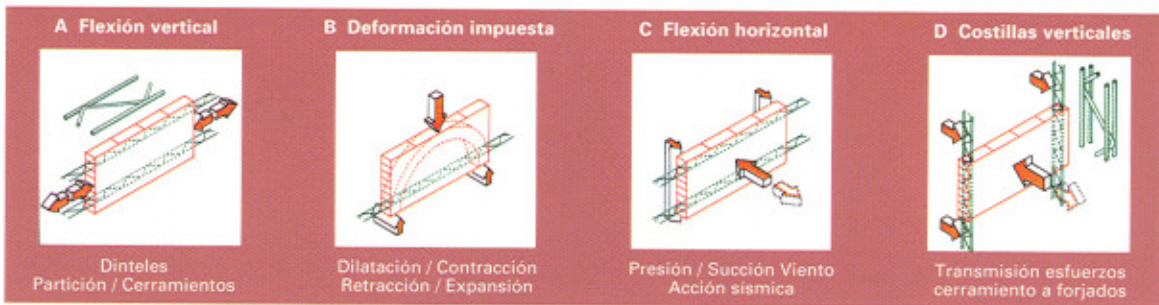
Cerramiento semivolado

Cerramiento con hoja exterior semivolada de fábrica armada, apoyada y anclada en forjados y sin conexiones a la hoja interior.

- Juntas horizontales a nivel de cada forjado.
- Cámara de aire ventilada con aislamiento continuo y rotura del puente térmico en frente de forjados y soportes. Apoyo impermeabilizado.
- Hoja construida entre cada planta apta para edificios de altura.
- Armado homogéneo con cerchas cada 40 centímetros de altura.
- Costillas verticales que soportan el viento, separadas cada 2,75 metros, que evitan el vuelco de la hoja semivolada y permiten colgar el peto de plaquetas que chapa el forjado aislado.
- Anclajes especiales en los niveles superior e inferior del forjado, que toleran flechas de deformación del forjado.



Cerramiento cortina de hojas de fábrica



A. SEPARACIÓN Y SITUACIÓN DE JUNTAS DE MOVIMIENTO. CONTROL DE LA FISURACIÓN

- Se escoge el tipo de ladrillo visto. Coeficiente de expansión (0,4 bajo, 0,6 normal y 0,8 mm/m alto).
- Se controlará la fisuración de la fábrica disponiendo 2,5 ml/m² de cerchas RND.4/S-80, colocadas en hiladas cada 40 cm de altura aproximadamente (armado 0,05 % de la sección del muro).
- Con separación vertical de h=40 cm aproximadamente entre los tendeles armados se obtiene la distancia máxima entre juntas de movimiento verticales que es de una longitud A=30 m. Hay que sumar la expansión a la dilatación del paño. Se incrementa el ancho libre de juntas verticales (paño A = 30 m x 0,6 mm/m = 18 mm).
- Se definen las juntas de movimiento horizontales a nivel de cada forjado (o dos alturas). En función de la luz de los soportes de fachada y su previsible flecha, se determina el ancho de las juntas bajo forjado (luz 4 m, junta >> 15 mm; luz 6 m, junta >> 20 mm; luz 8 m, junta >> 25 mm).
- Se añadirán además las juntas verticales y horizontales constructivas que sean necesarias para permitir el libre movimiento del cerramiento sin restricciones.

B. CONTROL DE FISURACIÓN POR FLECHA DE FORJADO Y CÁLCULO DE DINTELES

- Se calcula el armado que hay que disponer en la base del cerramiento en función de la luz del forjado B1 (luz B1= 4 m, 2 Murfor RND.4/S-80; luz 6 m, 3 Murfor; luz 8 m, 4 Murfor).
- Se calcula el armado de los dinteles, bajo su peso propio, teniendo en cuenta la luz B2 de los huecos (luz B2<= 1 m, 1 Murfor RND.4/S-80; luz>1 m, <= 3 m, 2 Murfor; luz>3 m <= 5 m, 3 Murfor)
- Se definen los armados que hay que añadir en zonas tensionadas (bajo huecos, esquinas...)

C. RESISTENCIA DEL PAÑO DE FÁBRICA A LA ACCIÓN DEL VIENTO

- Se calcula la máxima separación horizontal a la que pueden disponerse las costillas verticales o nervios que han de aguantar la acción del viento que les transmita el paño de fábrica armado regularmente por tendeles cada h=40 cm, con ladrillos M-25 [M-30] y cerchas cada 40 cm. Las costillas verticales se dispondrán cada 2,75 m (3,0 m) en horizontal y cada paño tendrá al menos una costilla en cada lateral.

D. COSTILLAS DE CUELQUE DEL CERRAMIENTO QUE SOPORTAN LA ACCIÓN DEL VIENTO

- Conocida la separación de las costillas C, en función del armado dispuesto y la altura de planta existente, se determina el armado necesario de los nervios o costillas de altura D (para 9 m² de fábrica >> 4 alambres de 6 mm de diámetro [para 12 m² de fábrica >> 4 alambres de 6 mm de diámetro]).

REPLANTEO DE LOS ANCLAJES EN FUNCIÓN DE LOS CRITERIOS A, B, C y D

- El extremo superior de las costillas se suspende de los anclajes omega en cada nivel de forjado (o cada dos niveles), junto a los soportes (para M-25 [M-30] anclajes cada 2,75 m [3,0 m]).
- Uso alternativo de las costillas D como soporte para fijación de tableros de seguridad.

Cálculos contemplando las siguientes prestaciones técnicas:

mortero M = 80 Kg/cm³ y ladrillos M-25 = 240 x 115 x 52 mm y M-30 = pitxolí 285 x 100 x 60 mm

Referencias bibliográficas y normativas

- ADELL, J.M./ LAHUERTA, J.A.: *Manual Murfor*, BEKAERT IBÉRICA, S.A., Barcelona, 1992
- ADELL, J.M.: "Razón y ser de la fábrica armada". *Informes de la Construcción*, núm. 421 (1992). CSIC. Madrid
- ADELL, J.M.: *Los materiales cerámicos y la fábrica armada. El muro de ladrillo*, AAVV. HISPALYT. Madrid, 1992
- ADELL, J.M.; CNTA: *Fábrica armada cerámica. (I) Flexión vertical (II) Ensayos adherencia*, DCTA-ETSA, Madrid, 1994
- ADELL, J.M.: "La fábrica armada y la Fachada Contemporánea". *Revista N.A.a.c.* núm. 4 (1996). HISPALYT-FEISL. Madrid
- PFEFFERMAN, O.: *Informe Fisuras 1977-1979*, Centre Scientifique et Technique de la Construction. CSTC. Bruselas
- NBE FL-90 *Muros resistentes de fábrica de ladrillo*, MOPU, Madrid, 1990
- Eurocódigo 6: Proyecto de estructuras de fábrica- P.1-1: Edificios-Fábrica y fábrica armada. CE-1995-AENOR-1996



Muro cortina de ladrillo con fábrica armada

Hoja exterior pasante y ventilada, sin conexiones a la hoja interior, aislamiento totalmente continuo. Construcción in situ o prefabricada.



1. Colocación de manguitos verticales en hormigón cada 2,75 m.
2. Colocación de anclajes sin atención al control de ajustes.
3. Sujeción de costillas con tabloneros horizontales de protección.
4. Ajuste afinado de los anclajes a plomo con el paño de ladrillo.
5. Colocación de angulares recuperables para el apoyo de paños de fábrica.
6. Ajuste exacto del grueso de las juntas horizontales bajo los forjados.
7. Levantamiento de la fábrica armada por tendeles:
 - * armado con cerchas, mínimo dos primeras hiladas
 - * armado homogéneo con cerchas cada $h=40$ cm aprox.
 - * armado con cerchas, mínimo dos hiladas en dinteles.
 - * armado de esquinas con piezas de cercha en ángulo.
 - * prolongación de costillas verticales:
 - cuelgues de petos bajo forjados
 - sobreelevado de petos en cubiertas planas
 - * recuperación de angulares del apoyo de los paños.

Estudio y realización

Josep M^a Adell i Argilés, Dr. Arquitecto.

Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas, ETSAM-UPM. jadell@aq.upm.es

Asesoría Técnica

ASEMAS, Departamento de Patología y Estadística

AIA-Arquitectura e Ingeniería Aplicada. Paseo de la Castellana, 154. 28046 Madrid. Tel/ fax: 91-458 29 83



MURFOR Bekaert Ibérica S.A. Travessera de Gracia 30, 3^a. 08022 Barcelona. Tel.: 93-414 08 52, fax: 93-209 21 81

El Manual Técnico Murfor "La Fábrica Armada" se encuentra a disposición de aquellos profesionales que lo soliciten.



ASEMAS ASOCIACIÓN DE SEGUROS MUTUOS DE ARQUITECTOS SUPERIORES