

La fachada ventilada con ladrillo cara vista

IGNACIO PARICIO ANSUATEGUI

INDICE

1. LAS FACHADAS CONTEMPORANEAS

1.1. Una evolución desorientada

- La optimización de espesores en el siglo XIX.
- La difusión de las estructuras porticadas.
- La innovación impulsada por el Movimiento Moderno.
- La fachada de la posguerra y la incidencia de la nueva normativa.

1.2. Las limitaciones de la fachada convencional

- Los problemas de protección térmica.
- Los problemas de estanqueidad.
- Los problemas de estabilidad.
- Los límites de su uso.

1.3. La fachada ventilada

- El "cavity wall" inglés.
- El tabique pluvial.

- La fachada ventilada en la construcción europea.

2. PROBLEMAS ESPECIFICOS DE LA FACHADA VENTILADA

2.1. La relación entre las hojas exterior e interior

- Características de las diversas hojas
- El proceso constructivo.
- Las lañas y otras uniones.

2.2. El perímetro de los huecos

- La localización de la carpintería.
- Dinteles y cajas de persiana.
- Elementos de la estanqueidad.

2.3. El soporte de la hoja exterior en una construcción de altura

- El límite de la altura libre: Viviendas en Cabieces.
- Primera solución: Modifica-

ciones del borde del forjado.

- Segunda solución: El recurso a elementos metálicos de soporte.
- Tercera solución: El recurso a piezas cerámicas especiales.

3. EL DISEÑO ARQUITECTONICO CON LA FACHADA VENTILADA

3.1. Las plantas

3.2. Los huecos

- La ventana apaisada.
- Los balcones.

3.3. La composición general del alzado

- Los desplazamientos relativos de las hojas.
- ¿Hacia una hoja exterior más ligera?

INTRODUCCION

Este documento propone una serie de soluciones técnicas que deben facilitar la difusión en nuestro país de la que ha dado en llamarse fachada ventilada con hoja exterior de ladrillo cara vista.

La razón que justifica la propuesta de una nueva solución constructiva para un tipo de fachada aparentemente tan tradicional es el agotamiento de la línea de evolución que ha seguido durante este siglo, la que podemos llamar fachada convencional. Esta solución debe ser revisada radicalmente porque ha consumido sus posibilidades de adecuación a las crecientes exigencias de calidad y ya no puede superar sus contradicciones técnicas internas.

Las deficiencias más significativas de la fachada convencional, deficiencias que se recorrerán a continuación con mayor detalle son:

- inserción de un cerramiento rígido dentro de una estructura porticada deformable, lo que implica problemas mecánicos y de estanqueidad.
- unión rígida entre las hojas exterior e interior de albañilería de manera que se limita su deformación independiente, se impide un aislamiento térmico correcto y se propicia el paso del agua.
- apoyo peligroso de la hoja exterior en vuelo sobre el forjado cuando se desea una imagen continua de la obra vista y se forra el forjado con plaquetas.

La solución que se propone goza de amplio predicamento en muchos países europeos, recupera valores esenciales de la tradición mediterránea, soluciona correctamente todos los problemas citados y se ha extendido ya entre nosotros en formas constructivas basadas en la imagen petrea y metálica del edificio.

La fachada ventilada de hoja exterior de ladrillo a cara vista concilia la claridad y calidad conceptual de la doble hoja europea con las ventajas de durabilidad y adecuación al entorno de la cerámica vista (fig 1). Por todo ello parece necesario este recorrido por las soluciones que pueden hacerla fácilmente utilizable dentro de nuestro contexto técnico.

1. LAS FACHADAS CONTEMPORANEAS

1.1. Una evolución desorientada

La optimización de espesores en el siglo XIX

Suponemos que la solución de fachada que hoy utilizamos para hacer obra vista es el fruto de una decantación secular, el resultado de un largo proceso de prueba y error confirmado por amplia experiencia. Lo cierto es que esto no es así, que esta solución convencional es el resultado de recientes y sucesivas alteraciones del antiguo muro macizo y portante, modificaciones con objetivos de optimización parcial realizadas a lo largo de este siglo sin mayor análisis de las consecuencias que implicaban para su comportamiento global.

El muro macizo tradicional satisfacía las exigencias más importantes de la construcción y del confort gracias a su espesor. Una fachada de pie y medio de ladrillo no sólo podía soportar importantes cargas sino que además era ampliamente capaz de garantizar la estanqueidad y de proporcionar un aislamiento térmico aún más eficaz gracias a su inercia.

Durante el siglo XIX se gestaron las grandes transformaciones constructivas que iban a estallar en nuestros tiempos. Un economicismo radical en los planteamientos llevó al límite la delgadez de todos los elementos verticales, esa misma optimización económica unida a la voluntad de ligereza introdujo la cerámica hueca para la construcción de fachadas.

En su paso desde el catastro rural al urbano la urbanización incrementó sus alturas, los edificios multiplicaron su volumen y sin embargo las técnicas de construcción tradicionales no sólo se extrapolaron desde edificios de menor compromiso, sino que vieron reducidos sus espesores a fachadas de un pie, medianeras de medio pie y tabiquerías de increíble esbeltez.

La difusión de las estructuras porticadas

La difusión generalizada de las estructura porticadas de acero u hormigón durante las primeras décadas de este siglo cambió radicalmente el escenario técnico de la construcción de muros de cerramiento. Las fachadas, liberadas de su misión portante, pudieron afinar aún más sus grosores. La escasa preocupación por la estanqueidad o el aislamiento térmico permitió soluciones hoy impensables.

Los cerramientos exteriores se insertaban en la estructura sin mayor investigación de su nuevo papel en el comportamiento mecánico del edificio. La flexión de los forjados, sobre todo en los voladizos, provocaba la entrada en carga, descontrolada, de los muros. Se suponía que la junta entre muros y estructura podía garantizar la estanqueidad. Una junta difícil que debía quedar abierta para que el muro no entrara en carga y cerrada para el paso del aire y el agua. (Fig. 2).

La convención impuso la norma, no siempre cumplida, que los cerramientos debían construirse de arriba a abajo una vez acabada la estructura, para evitar que los muros inferiores entrasen en carga por la flexión de los forjados bajo la carga de los superiores. Un posterior retacado con un mortero elástico era la única garantía de la necesaria estanqueidad.

La innovación impulsada por el Movimiento Moderno

El Movimiento Moderno sí se planteó con gran exigencia profesional las garantías que los nuevos cerramientos debían ofrecer a la protec-

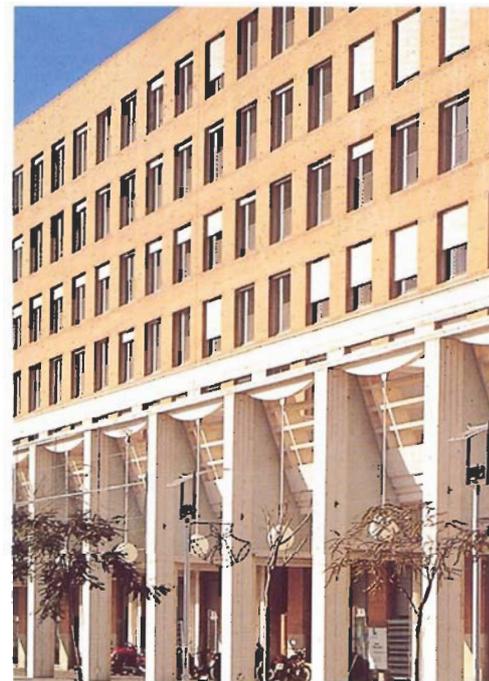


Fig. 1.—Edificio de viviendas en la Villa Olímpica de Barcelona con fachada ventilada de obra vista (Ll. Clotet e I. Paricio).

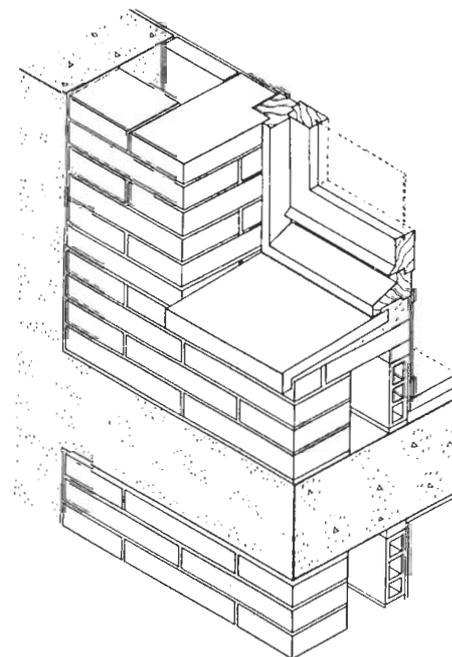


Fig. 2.—Esquema de la fachada inserta en la estructura porticada. Este esquema y los siguientes forman parte de la tesis doctoral de J.M. González).

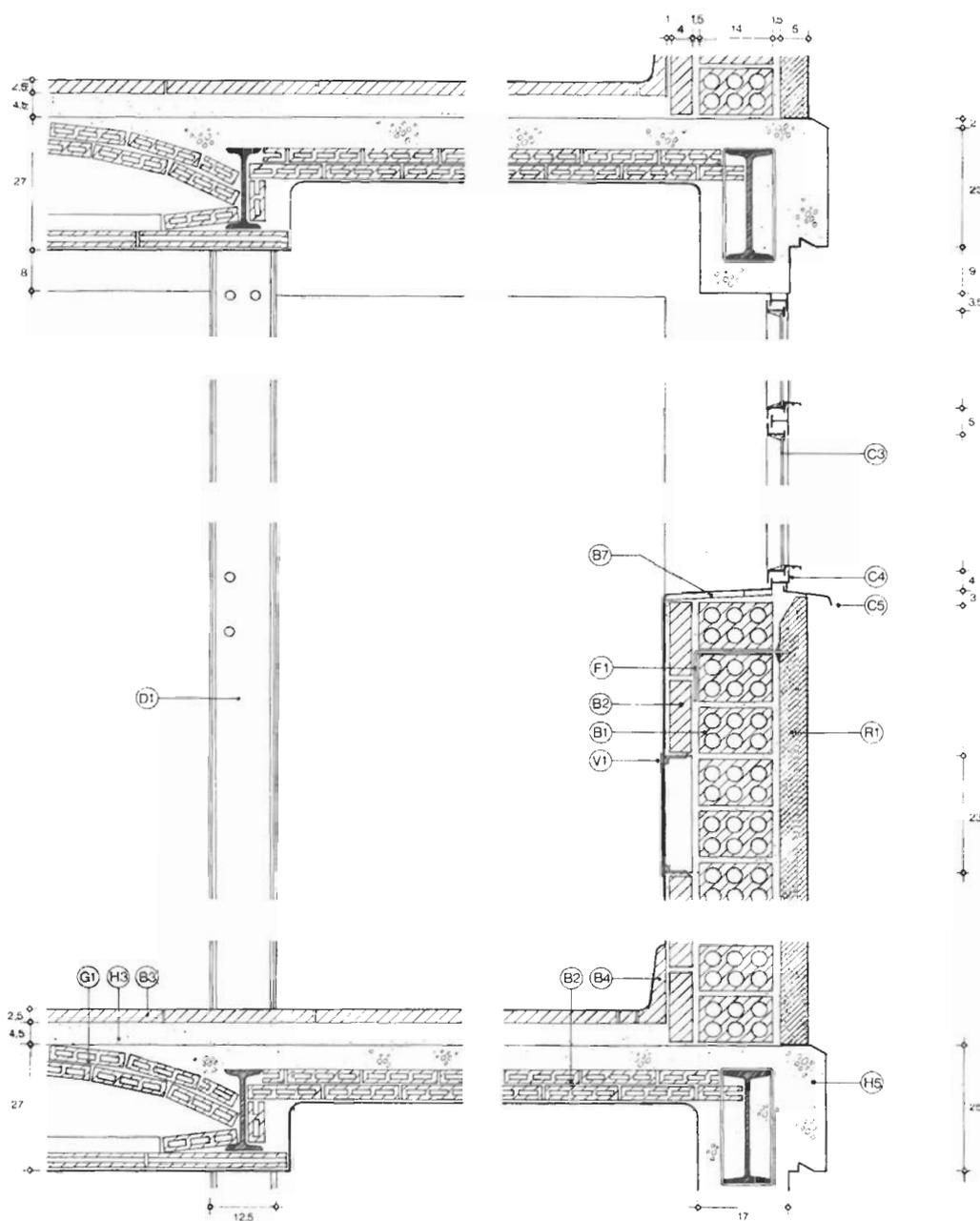


Fig. 3.—Detalle de la fachada del Dispensario Antituberculoso de Sert, Torres y Subirana (Según J.L. Sert, construcción y arquitectura de E. Mannino e I. Paricio)

ción de los espacios interiores. El primer análisis teórico de los objetivos del cerramiento inserto abrió camino a las fachadas multicapa con la sugerencia de doblados de corcho, cámaras de aire, tendidos impermeables, etcétera.

La apología de la planta libre y de la "fenetre en longueur" radicalizó la consideración de la fachada como mera protección térmica y de estanqueidad. Se experimentaron toda clase de soluciones constructivas desde el bloque de hormigón que utilizó Le Corbusier tantas veces, hasta el doble tabique del ático de J.L. Sert.

Un caso que merece especial consideración es la fachada del Dispensario Antituberculoso de Barcelona donde Sert, Torres y Subirana utilizaron un ladrillo hueco revestido con piedra natural por el exterior y doblado con un tabique interior que alojaba las instalaciones. Toda la obra es una magnífica muestra de ese rigor profesional, de la amplitud de sus planteamientos y de la calidad de sus soluciones. (Fig. 3).

La fachada de la posguerra y la incidencia de la nueva normativa

La posguerra consolidó rápidamente una solución heredera de las cámaras de aire modernas y de la imagen de la tradición. Es el muro convencional de un pie de grosor formado por una hoja exterior de medio pie y un tabique interior de 4 a 6 cm. de grueso. Entre ambas hojas se formaba una cámara de un espesor residual que era función del tipo de ladrillo utilizado.

En el entorno de los huecos la hoja exterior gira hacia el interior formando el telar o jamba. Este giro es la única razón que justifica que el espesor total de la fachada sea de un pie. Los enjarjes entre las dos fábricas, sogas al exterior y panderete al interior, son pésimos desde el punto de vista constructivo. (Fig. 4).

Esta solución apenas evolucionó hasta que el incremento del coste de la energía obligó a limitar las pérdidas térmicas que se producían a través de un cerramiento tan escaso. La norma CT79 al limitar las pérdidas térmicas a través de la fachada obligó en la práctica a introducir en la cámara unos materiales específicamente aislantes que hasta aquel momento habían tenido una difusión escasa.

1.2. Las limitaciones de la fachada convencional

Hoy la fachada convencional es considerada como una solución tradicional y parece estar justificada por una teórica vinculación con la maciza solución decimonónica. En los edificios con cerramientos de ladrillo a cara vista la imagen que manipula el proyectista es la del muro portante tradicional y por ello se cubren los cantos de los forjados con piezas cerámicas, se muestran falsos espesores de un pie de ladrillo en los huecos y ocultan todos los elementos estructurales, los que realmente soportan al edificio.

Sin embargo la solución que se está utilizando corresponde a una construcción perversa, que inserta los cerramientos en la estructura, separa claramente dos hojas de fachada y exige un comportamiento diferencial de ambas al separarlas con los cada vez más eficaces aislamientos térmicos.

Los problemas de protección térmica

Durante los primeros años se cometieron errores provocados sobre todo por la ignorancia del comportamiento de esta solución y por la falta de confianza en la necesidad de ese incremento de aislamiento. Pero, independientemente de esos errores de juventud, la solución es dudosa pues ese aislamiento es de difícil colocación. Si queda suelto y el aire se mueve a su alrededor será ineficaz, si se adosa a la hoja exterior las condensaciones se producirán en el plano de contacto entre el aislamiento y la albañilería y por lo tanto, el comportamiento higrotérmico será dudoso; adosarlo a la hoja interior es imposible por el proceso constructivo "de fuera a adentro" (Fig. 5).

Cuanto más eficaz es el aislamiento más diferencias térmicas existirán entre la hoja exterior y la interior y, por lo tanto, más difícil será el comportamiento solidario de ambas hojas. Las tensiones en los ladrillos dispuestos a tizón que enmarcan los huecos son muy grandes y en muchos casos se producen fisuras entre el tabique y el retorno de la hoja exterior.

Los problemas de estanqueidad

El resultado constructivo es incorrecto porque los macizos de albañilería quedan insertos dentro de una estructura deformable. No se pue-

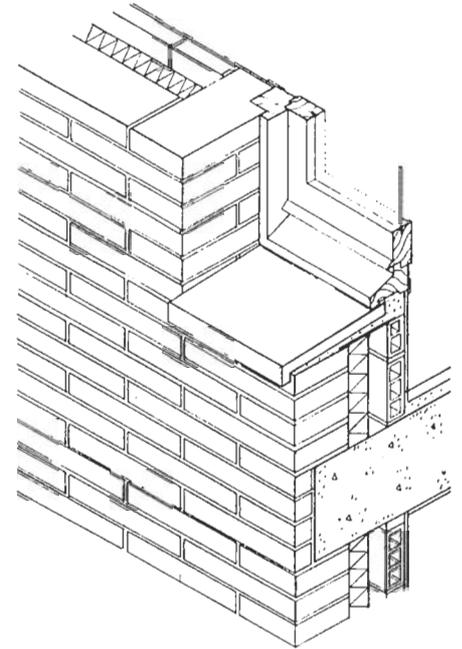


Fig. 4.-Esquema de la fachada convencional.

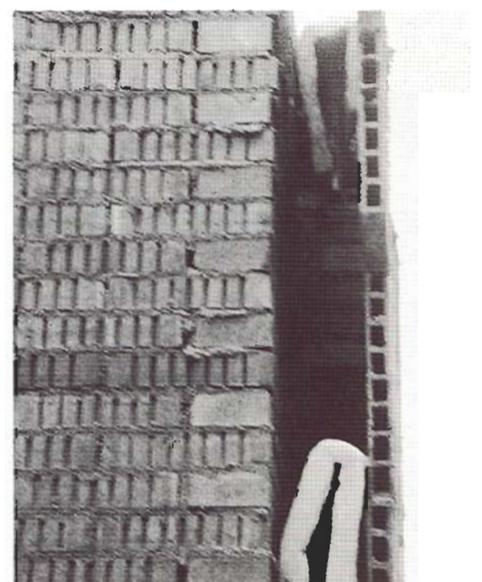


Fig. 5.-Graves errores en la colocación de láminas aislantes en las primeras cámaras de aire.



Fig. 6.—Disposición habitual de unos recortes de ladrillo cubriendo el canto del forjado. La estabilidad de la hoja exterior queda comprometida, pues es impredecible el comportamiento de su apoyo sobre un conjunto tan heterogéneo.

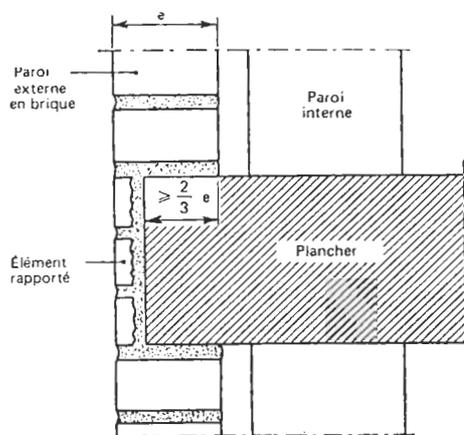


Fig. 7.—Geometría del apoyo de la hoja exterior según la normativa francesa. DTU 20.11, art A3.324

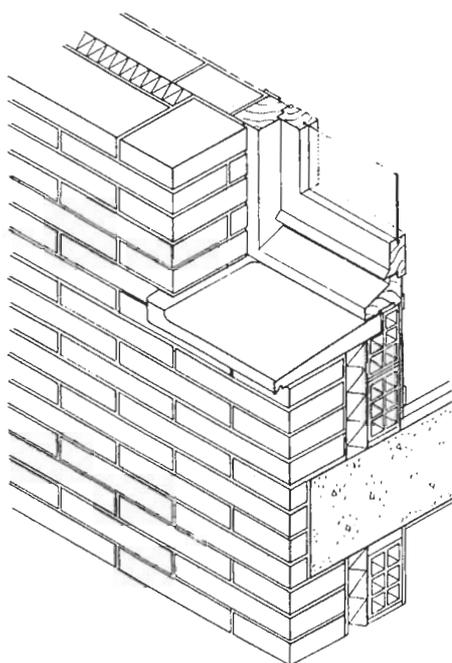


Fig. 8.—Esquema de la fachada convencional "mejorada". No hay enjarje entre la hoja interior y la exterior.

de encomendar la estanqueidad del edificio a unos cerramientos cuya continuidad queda interrumpida por los forjados y está sometida a las deformaciones de estos. Los movimientos térmicos y mecánicos diferenciales no pueden resolverse con sellados de mortero ni las plaquetas de albañilería pueden formar una fábrica cohesionada con los ladrillos completos.

También en el perímetro de los huecos la estanqueidad es difícil de garantizar. Junto a los marcos de la carpintería los tendeles de mortero constituyen un punto débil. Los estudios realizados por Hispalyt^o demostraron que la unión ladrillo-mortero es el punto más débil de una fábrica desde el punto de vista de la estanqueidad, si no se compensa la excesiva succión de algunos ladrillos con el adecuado humedecimiento de los mismos antes de su puesta en obra.

Los problemas de estabilidad

Un aspecto particularmente arriesgado de esta solución es el apoyo en cada piso. Para dar continuidad a la obra vista se ha hecho habitual forrar la testa del forjado con unas plaquetas de ladrillo de tres o cuatro centímetros de grosor. Con su mortero de agarre la distancia mínima entre el borde del forjado y la cara exterior difícilmente quedará por debajo de los 5 cm. (Fig. 6).

La estabilidad de la hoja exterior exige que esta apoye en el borde del forjado los dos tercios de su grosor. (Fig. 7). La hoja exterior puede volar pues un tercio de su grosor, es decir, menos de 4 cm. en el formato métrico y casi 5 cm. en el catalán. La solución es, pues, imposible en el primer caso y muy difícil en el segundo. No cabe esperar tal perfección del borde de un forjado en las condiciones que éste se suele encofrar y hormigonar. Accidentes por falta de apoyo de la hoja exterior se están dando en toda España.

Los límites de su uso

Todo este conjunto tan confuso desde los puntos de vista térmico, mecánico y de estanqueidad, no ha tenido tan mal comportamiento como este análisis podría inducir a imaginar. Sin embargo esa confusión implica que cuando una fachada de este tipo se comporta mal, sea difícil su corrección porque los factores que inciden sobre su comportamiento son muy complejos y poco conocidos.

Su principal defecto es la inexistencia de un modelo teórico de referencia respecto a cómo analizar los problemas que pueda presentar un edificio concreto. Si no sabemos como se comporta una albañilería inserta respecto al forjado, ¿cómo podemos corregir una entrada de agua que, a lo mejor, se da en el cerco de los huecos?.

La permisividad que hasta hace pocos años teníamos con algunas fisuras y muchas condensaciones, ha permitido la supervivencia de una solución técnicamente poco razonable. Pero la solución convencional está perdiendo sentido rápidamente durante estos últimos años.

Para hacer frente a algunos de estos problemas la fachada convencional evoluciona hacia la progresiva separación de las dos hojas. (Fig. 8). Se eliminan esos ladrillos a tizón y en el perímetro de los huecos las dos hojas se acercan hasta el contacto pero sin trabazón alguno. Sin embargo, en esta solución, que podríamos llamar convencio-

^o Impermeabilidad frente al agua de lluvia de los cerramientos de ladrillo cara vista. INCE-Hispalyt 1985

nal mejorada, todo el conjunto de las dos hojas sigue inserto en la estructura y se apoya en cada forjado del edificio.

1.3. La fachada ventilada

Se está imponiendo esta expresión para significar una fachada que contiene una cámara de aire ventilada a la que se encomienda la estanqueidad y la protección de la radiación solar directa.

Al exterior de la cámara sólo queda una capa cuya misión es exclusivamente la de encerrar ese espacio ventilado. Esa capa puede estar formada por cualquier material que resista la intemperie, pues prácticamente sólo se le exige que defina la imagen del edificio. Los materiales utilizados pueden ser diversos pero en ese texto estudiaremos exclusivamente la fachada ventilada con hoja exterior de ladrillo a vista.

En cualquier caso un objetivo importante de la puesta en obra será el garantizar el libre comportamiento de esa hoja exterior. Su alta exposición, su delgadez y la forma de ser soportada, exigen una gran libertad de movimientos diferenciales de cada pieza y del conjunto respecto al soporte.

La claridad funcional de esta fachada ventilada resulta tan evidente que no merecerá mayor comentario. Especialmente por lo que hace a la protección frente a la estanqueidad citaremos a unos profesores alemanes "El muro doble.....se ha revelado como el más seguro y el menos sensible a los errores de ejecución"¹.

El "cavity wall" inglés

El objetivo de todo este estudio es la divulgación de los detalles de diseño de unas fachadas que, cumpliendo los objetivos funcionales de la fachada ventilada, estén completamente resueltos con cerámica y hagan posibles soluciones de obra vista. Pueden citarse dos precedentes: Uno es el Cavity Wall, un muro inglés de dos hojas de medio pie con cámara ventilada entre ellos y fijaciones de la hoja exterior con lañas² de acero galvanizado. La altura de ese muro tradicional se limitaba a tres plantas puesto que se trataba de construcciones con muros portantes de ladrillo. (Fig. 9). Esta solución es fruto de varios tanteos anteriores, pero está consolidada como la más universal en Inglaterra desde 1925.

La misión de la cámara en este modelo anglosajón es la de evacuar las humedades que atraviesen la hoja exterior. Los alambres que forman las lañas de unión, son los únicos contactos entre las dos hojas y un pliegue central formará el goterón para asegurar que, aunque el muro exterior se empape, difícilmente llegará agua a la hoja interior.

El tabique pluvial

El otro precedente es el tabique pluvial mediterráneo. En nuestros climas la cámara ventilada siempre se ha utilizado para proteger medianeras y azoteas. Es una solución especialmente idónea, pues a la evacuación de las aguas por ventilación añade la protección solar de los elementos interiores. El calor que la cámara acumule se evacúa por convección y el elemento interior puede quedar perfectamente protegido de los aportes solares directos (Fig. 10).

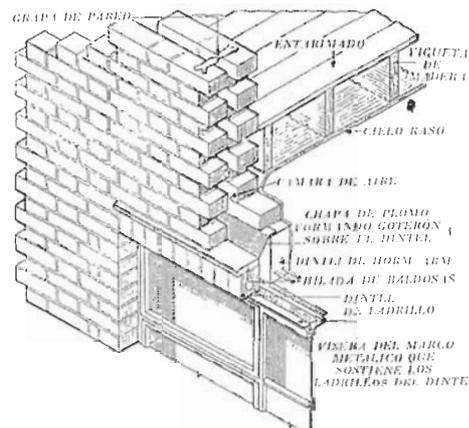


Fig. 9.—El cavity wall según "la construcción moderna" de Warland, editado en España en 1947.

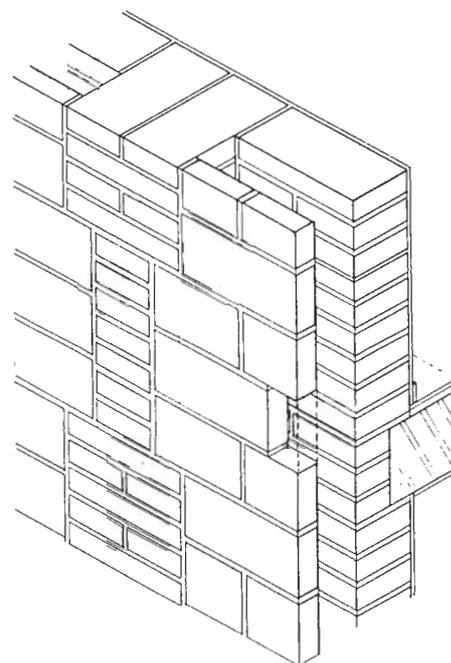


Fig. 10.—El tabique pluvial, primera hoja exterior libremente dilatada. Esquema de la solución habitual con apoyo en manchones de la medianería.

¹ Rheinische-Westfälische Technische Hochschule, citado por Berstein y otros. "La maçonnerie sans fard". Pág. 63. Ed. Moniteur 1982. Hay edición española de Gustavo Gili. (Nuevas técnicas de albañilería)

² Se utiliza en este texto la voz "laña" sinónimo de grapa en el diccionario. Su poco uso actual hace adecuada su utilización para esta nueva pieza constructiva. Puede utilizarse también la más común "llave" pero parece preferible reservar esa voz para las tradicionales uniones con piezas cerámicas.

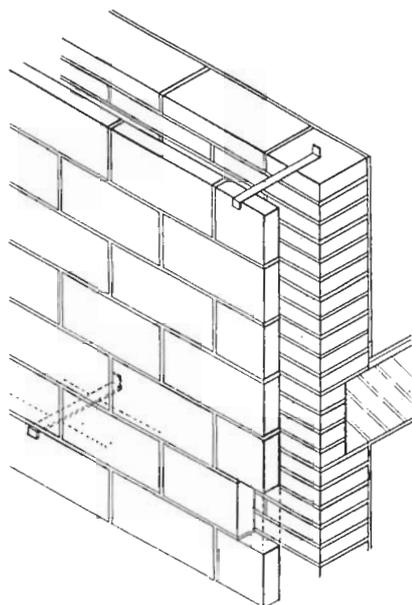


Fig. 11.—Esquema de tabique pluvial estabilizado por fijaciones metálicas.

El soporte del tabique pluvial se ha hecho tradicionalmente con macizos de ladrillo volados respecto al muro medianero interior. Estos macizos forman unos pilastrones que sobresalen 15 cm. y presentan unos retallos en los que se apoya el tabique. A finales de siglo la confianza ilimitada en los materiales metálicos llevó a utilizar una especie de escarpia como único elemento de soporte del tabicado libre. (Fig. 11 y 12).

La fachada ventilada cerámica es pues, una versión dignificada de nuestro tradicional tabique pluvial que supone una valiosa continuidad con las soleras y cámaras ventiladas, en las que se han basado durante tantos siglos los cerramientos y cubiertas en el Mediterráneo.

La fachada ventilada en la construcción internacional

La fachada ventilada es la solución habitual al norte de París. El tradicional muro inglés es ya una solución comúnmente utilizada en los Países Bajos, en Alemania y en Suiza. En los Estados Unidos la hoja exterior libremente dilatante apoyada en perfiles de acero inoxidable es la solución habitual para la obra vista de varias plantas de altura.

La difusión hacia el sur de Europa parece inminente aunque el caso francés es curioso. Los Cahiers del CSTB publicaron en Febrero del 93 un estudio "Le mur en Europe du Nord" comparando sobre el muro macizo, muy difundido en Francia y el muro doble que "constitue la solution de base...dans les pays voisins (Grand Bretagne, Allemagne, Suisse, Hollande, Belgique...)". El estudio es de una parcialidad sorprendente y en su defensa del muro macizo acusa al muro doble de defectos que sólo lo son si su concepción y construcción son inadecuadas. Es el caso de las fisuras alrededor del dintel único de hormigón, o de una esquina sin junta o de la inestabilidad de la hoja exterior si no se une a la interior. (Ver pág. 76 de la publicación citada).

La referencia nordeuropea en este artículo se tipifica en un muro de dos hojas con la interior de bloque de hormigón de 15 cm. de grosor y la exterior de albañilería de unos 11 cm. con o sin revoco exterior. La hoja interior es portante en los edificios de poca altura. La cámara de aire no siempre existe. Es universal en Gran Bretaña y Holanda, pero en otros países, como Suiza, son frecuentes los muros sin cámara.

El estudio termina aceptando las ventajas del muro doble, a pesar del reconocido mayor coste de esta solución. En el último párrafo reconoce la posibilidad de que ese muro doble termine imponiéndose en Francia, "donde sólo es una solución entre otras". Esa difusión, sin embargo, exigiría el desarrollo de toda una industria de accesorios específicos.

En Italia la situación es más abierta. Los resultados de un trabajo sobre el comportamiento termohigrométrico de algunos tipos de fachada en ocho ciudades italianas son contundentes en este sentido³. El estudio se hizo con un primera simulación teórica y una posterior comprobación experimental.



Fig. 12.—Solución de principios de siglo con apoyo en escarpas metálicas.

³ D'ORACIO, MARCO, Paretti a cassetta? No grazie. Modulo, núm. 201, Mayo 1994, págs. 452-461. Hay versión española de Elena Fieschi y Jaume Rosell en Construir 6, Colegio de Aparejadores de Barcelona

Los tipos analizados eran similares a los utilizados en España: (Fig 13)

- A. Fachada maciza de pie y medio.
- B. Convencional con aislamiento en la cámara adosado a la hoja exterior.
- C. Convencional con aislamiento en la cámara adosado a la hoja interior.
- D. Convencional con aislamiento en el interior.
- E. Convencional "abrigada", es decir, con aislamiento al exterior.
- F. Fachada de dos hojas con cámara ventilada y aislamiento adosado a la hoja interior.

Según los resultados sólo las fachadas "abrigadas" y las ventiladas pueden resolver los problemas de confort higrotérmico de lugares con climas muy diferentes. Los fríos de Monte Terminillo penalizan las fachadas sin inercia térmica o las cámaras que pueden acumular condensaciones. Mesina y Nápoles por sus elevadas temperaturas exigen fachadas aisladas exteriormente para conseguir el confort de verano. Las variaciones de humedad relativa de climas húmedos como el de Bolonia provocan contenidos de agua demasiado elevados. El trabajo critica especialmente que en climas como el de esa ciudad, sistemas constructivos ampliamente difundidos (fachadas convencionales) dan pésimas prestaciones desde el punto de vista higrométrico. Para ciudades como Bolonia o Trieste donde ninguna otra solución sería satisfactoria, la fachada ventilada (o la abrigada) garantiza un comportamiento perfecto. En realidad estas dos soluciones son las únicas universalmente aplicables. (Fig. 14).

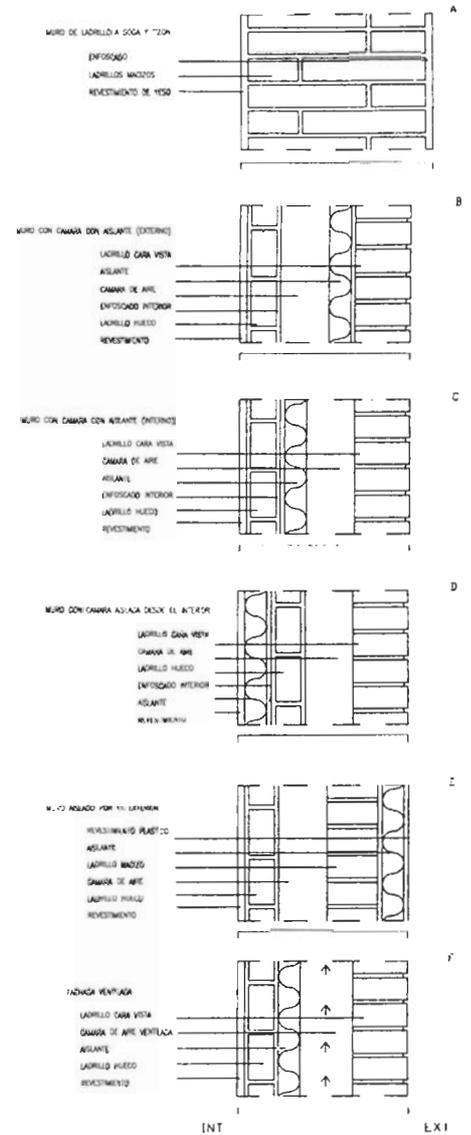


Fig. 13.-Esquema de las soluciones de fachada utilizadas en Italia y analizadas en el cuadro reproducido en la figura siguiente.

COMPORTAMIENTO HIGROTÉRMICO

| | MESSINA | NAPLES | GENOVA | ANCONA | TRIESTE | BOLONIA | BOLZANO | MONTE T. |
|-----------------------------------|---------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|----------|
| MURO AISLADO POR EL EXTERIOR | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑↑ | ↑↑ |
| FACHADA VENTILADA | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| MURO CON AISLANTE EN CAMARA (EXT) | ↓ | ○ | ↑↓ | ○ | ↓ | ↓↓ | ↓ | ↓ |
| MURO CON AISLANTE EN CAMARA (INT) | ↑↓ | ↑ | ↑ | ↑↓ | ○ | ○ | ↑↓ | ↑↓ |
| MURO AISLADO DESDE EL INTERIOR | ↓↓ | ↓ | ○ | ○ | ↓ | ↓↓ | ↓↓ | ↓↓ |
| PARED MACIZA | ↑ | ↑ | ↑↓ | ↑↓ | ○ | ↓ | ↓ | ↓ |

↑↑ MUY BUENO ↑ BUENO ↑ DISCRETO ↑↓ SATISFACTORIO
 ○ MEDIOCRE ↓ INSATISFACTORIO ↓↓ MUY INSATISFACTORIO ↓↓↓ MUY MALO

Fig. 14.-Cuadro comparativo del comportamiento higrotérmico de varios tipos de fachada en ocho ciudades italianas.

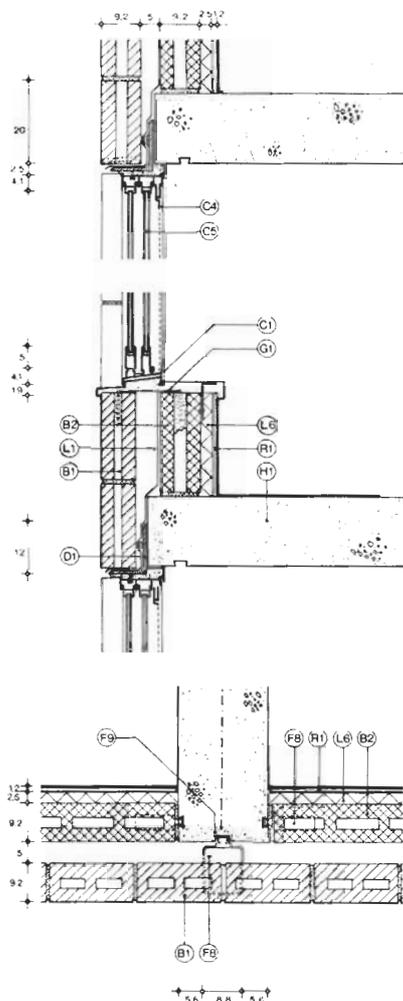


Fig. 15.- Hoja interior de bloque de hormigón en las viviendas de Roosevelt Island (Sert, Jackson y asociados). Sección por ventana y planta de la unión, fachada muro

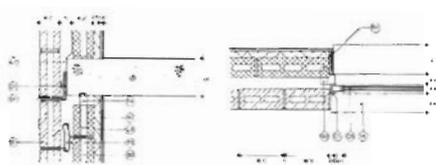


Fig. 16.-Del mismo proyecto unión fachada forjado y planta de la ventana

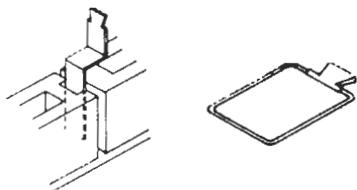


Fig. 17.-Uniones muro hoja interior y forjado. Hoja interior. Obsérvense los sofisticados fijaciones que garantizan la libertad de movimientos de la hoja exterior asegurando sin embargo su estabilidad.

2. PROBLEMAS ESPECIFICOS DE LA FACHADA VENTILADA

La fachada ventilada exige al proyectista una profunda revisión de los planteamientos constructivos convencionales. Si la fachada tradicional basaba la satisfacción de todas sus exigencias en el espesor, la fachada ventilada las encomienda a la cámara y a su composición multicapa.

La cámara resuelve los problemas de estanqueidad cerrando el paso al agua desde la hoja exterior hacia la interior y evacuando la humedad que pueda llegar hasta ella gracias a su continua ventilación. Si es necesario incrementar el aislamiento térmico con una lámina específica se aloja esta en la cámara, adherida a la hoja interior. La hoja interior se inserta en la estructura porticada y es la que cierra al aire el edificio.

La hoja exterior cerámica cierra la cámara. Es esencial para este tipo constructivo que esta hoja exterior sea absolutamente libre para deformarse independientemente de la hoja interior y del edificio en general.

Vamos a estudiar esta solución recorriendo los aspectos más importantes de su diseño, agrupados en tres grandes grupos de problemas de diseño:

- De relación entre hojas.
- De formación de huecos.
- De soporte de la hoja exterior.

2.1. La relación entre las hojas exterior e interior

Características de diversas hojas

En la fachada ventilada las hojas interior y exterior dejan de ser, como en la fachada convencional, dos caras de un misma solución constructiva para convertirse en dos elementos constructivos con misiones y relaciones con el edificio absolutamente diversas.

La hoja interior forma parte del conjunto solidario del edificio. Puede ser portante y recibir la carga de los forjados o puede ser simplemente un cerramiento. En cualquiera de los dos casos la hoja interior estará inserta entre los elementos estructurales. La unión con estos deberá garantizar una cierta estanqueidad al aire, pero sobre todo un cierre del espacio interior y un soporte estabilizador de la hoja exterior.

En otros países, con menos tradición cerámica, como Estados Unidos, es habitual resolver la hoja interior con bloque de hormigón. (Figs. 15, 16 y 17). En este caso es casi obligado el uso del cartón-yeso como doblado interior.

La hoja exterior debe entenderse como una envolvente global del edificio, tendida sobre éste como un elemento absolutamente independiente. El material que la forme dará color y textura a todo el edificio y definirá su imagen arquitectónica, pero su misión constructiva principal es la formación de la cámara. Por ello no es necesario que tenga un espesor importante y la limitación en este punto sólo la establece su propia estabilidad y la cohesión de las piezas. Entre nosotros se suele usar un muro de medio pie por continuidad con la solución convencional pero podría reducirse como en otros países a grosores de 10 o incluso 9 cm.

La cámara de aire se forma inmediatamente detrás de esta hoja exterior. Insistimos en que es el elemento clave de esta solución constructiva. A la cámara se encomiendan en gran parte las dos misiones principales de la fachada, la estanqueidad y la protección térmica. A la primera contribuye evacuando el agua que pueda penetrar a través de la hoja exterior. El agua permeada no debe tener ningún camino para llegar hasta la hoja interior y así se asegura su descenso por la cara interior de esa hoja exterior y su evacuación por los huecos previstos al efecto. Al confort contribuye la cámara de aire evacuando por convección los aportes solares de verano. Esta solución habitual en las construcciones mediterráneas estaba siendo olvidada en las últimas décadas.

Casi no existen datos sobre cual es el espesor idóneo de la cámara. Por razones constructivas, como las casi inevitables rebabas de mortero que rebosan hacia el interior al construir la hoja exterior, no deben plantearse cámaras de menos de 3 cm. Por encima de cierto espesor, unos 10 cm., parece que el espesor es inútil e incluso contraproducente.

El aislamiento térmico suele ser una hoja de poliestireno, pero podría colocarse cualquier otro material aislante como la fibra de vidrio si desean evitarse los humos en caso de incendio. Al escoger el material de aislamiento debe considerarse la probabilidad de que llegue a humedecerse para adoptar un material cuya eficacia no se vea afectada por la presencia de agua. En cualquier caso esa hoja aislante debe yuxtaponerse a la hoja interior para conseguir que esta quede realmente protegida. Un eventual movimiento de aire entre la cámara y un espacio entre aislamiento y la hoja interior reduciría notablemente su eficacia.

No siempre será necesario disponer esa lámina de aislamiento. Para determinados climas y en función de las características de la hoja interior es posible que no sea necesario aumentar la protección térmica¹.

El proceso constructivo

La fachada ventilada debe ejecutarse siempre de dentro hacia afuera, es decir, primero debe levantarse la hoja interior y luego las sucesivas capas envolventes. Sólo así podrá fijarse correctamente la hoja exterior a la interior, el aislamiento quedará eficazmente adosado a la hoja interior y la obra vista exterior tendrá la apariencia deseada.

Este proceso constructivo ofrece la gran ventaja de que una vez levantada la hoja interior de ladrillo hueco, la obra interior (pavimentos, tabiquería, yesos...) puede continuar libremente mientras se ejecuta independientemente el resto de la fachada.

Al levantar la hoja interior es conveniente situar simultáneamente los premarcos de los huecos. Así se garantiza el correcto replanteo de la fachada y se facilita la estanqueidad en un punto muy delicado que es la junta hoja interior-premarco.

El aislamiento debe envolver al edificio de la manera más completa posible. La evolución de la obra permite comprobar que toda la hoja interior y las testas de los forjados están perfectamente protegidos. El color característico de la lámina de aislamiento facilita la comprobación de su continuidad. Sólo los elementos de fijación de la hoja exterior deben verse asomar a través de la lámina de aislamiento.

¹ Véase el estudio de este punto en el análisis de la Villa Olímpica de la tesis doctoral de J. M. González



Fig. 18.—Uso de una tablilla elevable para mantener limpia la cámara.

Para conseguir una cámara limpia, los ingleses recomiendan disponer una tabla, de anchura igual a la de la cámara, colgando de dos cordeles de manera que quede un par de hiladas por debajo del nivel al que se está trabajando. Conforme sube la hoja exterior se iza la tabla que recoge el mortero que pueda caer dentro y limpia, al ser izada, las rebabas interiores. (Fig. 18).

El mismo objetivo puede satisfacerse, si la cámara es estrecha, con una tira de poliestireno que se sostiene por fricción entre la hoja exterior y el poliestireno de aislamiento. Al ir subiendo la hoja exterior se irá tirando de la lámina de poliestireno para que siga sirviendo de fondo a la colocación de cada tendel de ladrillos.

En la construcción de la hoja exterior debe tenerse en cuenta su alta exposición a las variaciones térmicas. La hoja exterior es como un lienzo tendido sobre el edificio que debe sufrir libremente los movimientos térmicos que la solicitan. Según su color puede sufrir saltos térmicos de 50 a 80 °C. Las diferencias diarias pueden ser de hasta veinte grados con una pared clara y más de treinta si es oscura. (Fig. 19). Por ello la hoja exterior no debe tener ninguna relación rígida con el edificio al que envuelve y debe construirse con las juntas necesarias para asegurar que podrá deformarse libremente sin fisurarse.

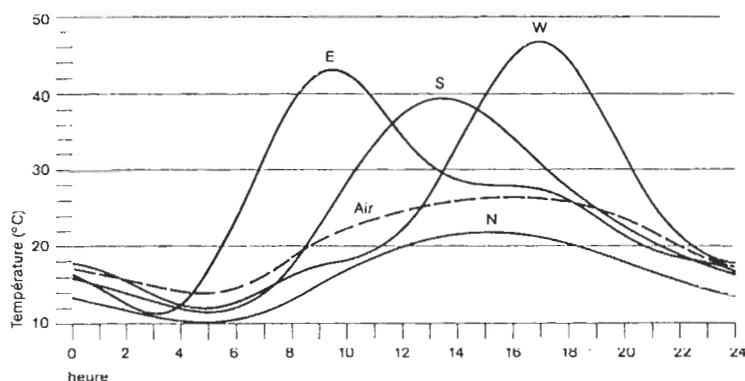


Fig. 19.—Temperaturas en la superficie de una fachada revocada y pintada de gris en un día soleado de verano. Datos tomados en Suiza para diversas orientaciones.

La cerámica es un material muy estable desde el punto de vista de los cambios térmicos. Su coeficiente de dilatación es de 0,005 mm/m °C. Una pared de 10 m. con un salto de 50 °C sufrirá una deformación de 2,5 mm. Además de los movimientos debidos a las variaciones térmicas, hay que considerar la expansión por humedad de los materiales cerámicos, que puede alcanzar valores de 0,5 - 0,6 mm./m. Estas deformaciones excederán la capacidad mecánica de la pared y producirán fisuras. Para evitarlo será necesario prever juntas en los muros largos, en las esquinas y donde los huecos produzcan puntos débiles en la hoja exterior.

La previsión de juntas no es fácil. No se deben disponer más de las necesarias por razones estéticas, de coste de ejecución y de mantenimiento, pero es necesario asegurar que no se producirán fisuras incontroladas. Para ello, lo mejor es dibujar el plano de fisuras probables y evitarlas disponiendo las juntas necesarias. Cada edificio merecerá un análisis cuidadoso de cada una de sus fachadas, pero podemos enunciar algunas normas generales³.

³ Estas recomendaciones están extraídas del documento "La mur a double paroi en briques de terre cuite". Industrie suisse de la terre cuite. Obstgartensrassé, 28, 8006 Zurich

Para espesores de la hoja exterior de 12 a 15 cm. la distancia entre juntas no sobrepasará los 8 o 12 m. incluso en paramentos sin huecos. Los valores inferiores se utilizarán en las hojas más delgadas y en las situaciones más expuestas.

Las juntas deben tener un cordón de fondo, una espuma de poliestireno, por ejemplo, y sobre él debe colocarse el material de sellado. La junta debe tener un espesor de 10 a 25 mm. y el sellado que la cierra debe tener una elasticidad del 15 al 25%. así una junta de 20 mm. con una mastic que asuma el 15% de deformación podrá sufrir un movimiento de 3 mm.

La junta más delicada es la que corta horizontalmente la hoja exterior separando los paramentos superpuestos para que no se apoyen unos sobre otros. Puesto que una hoja exterior puede tener hasta once metros de altura, el apoyo se hará cada una, dos o tres plantas. Lo más habitual es apoyar la hoja exterior de cada piso en el forjado inferior, pero también es frecuente recurrir a las hojas exteriores de dos plantas de altura. Bajo cada apoyo tiene que garantizarse la libertad de la hoja exterior, es decir, en ningún caso el apoyo debe cargar en la hoja inferior. La junta debe, pues, tener una altura tal, que cualquier deformación del apoyo no pueda ponerlo en contacto con la hoja inferior. Por este motivo, una vez más, recomendamos levantar primero la hoja exterior de la planta más alta del edificio, luego la de la planta inferior a esta y así descendiendo hasta la planta más baja.

Al construir cada planta debe escantillarse cuidadosamente el reparto de hiladas para llegar a coronar la planta a la distancia idónea del apoyo de la planta superior y poder formar allí una junta deformable como las descritas anteriormente.

Las lañas y otras uniones

La estabilidad de la hoja exterior suele encomendarse a una laña que anclan la hoja exterior al edificio. Cualquier sistema de fijación debe permitir el movimiento de esta hoja en su propio plano e impedir el movimiento perpendicular de acercamiento o separación respecto a la hoja interior. La disposición y capacidad mecánica de esos elementos dependen de muchos factores, como la exposición del edificio, el carácter de la hoja exterior, la profundidad de la cámara y el diseño de la propia laña.

En España no existe todavía normativa sobre este punto pero de una manera general, y a la vista de las normativas europeas, puede recomendarse una cuantía de 35 a 50 mm² / m² para cámaras de menos de 10 cm. Para un cálculo cuidadoso de las exigencias de estabilización de una hoja exterior puede consultarse la obra ya citada de Berstein y otros, traducida al castellano como "Nuevas técnicas de la albañilería"⁶.

Pueden distinguirse dos tipos de fijaciones: las que se distribuyen por toda la hoja interior y las que se fijan exclusivamente en las testas de los forjados. En este último caso el cálculo deberá garantizar la resistencia de la hoja exterior a las acciones horizontales cuando sus soportes están separados por una altura de piso.

La imposibilidad de un posterior mantenimiento de la protección de estos anclajes y su exposición a situaciones complejas de humedad hacen imprescindible que estén fabricadas siempre con acero inoxidable 18/8.

En nuestro país no están comercializadas estas lañas de fijación por lo que suele utilizarse un alambre doblado en forma de Z. Para un redondo de 4 mm de acero inoxidable puede suponerse una resistencia a la tracción de 1000 N. La resistencia a la compresión será la misma si la separación entre hojas no excede los 8 cm. Estas lañas se colocarán con ligera pendiente hacia el exterior para evitar la migración del agua hacia la hoja interior.

Las únicas lañas especialmente diseñadas que se distribuyen en nuestro país son las de la casa Halfen comercializadas por Mecanotubo. En



Fig. 20.—Fijaciones que pueden ser utilizadas como lañas de estabilización de la hoja exterior (varilla 4 mm.)

⁶ Berstein y otros. Versión española "Nuevas técnicas de la albañilería". Punto 3.6. Ed. Gustavo Gili

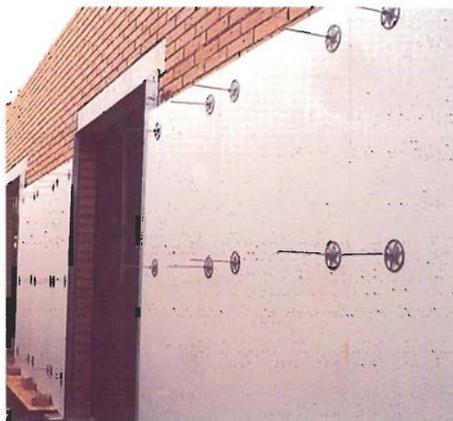


Fig. 22.-Colocación de la fijación de Halieneisen como laña en una obra española. Piscina de Llefià (Badalona).

esta solución se exige un rastrel o guía vertical fija a la hoja interior por el que se deslizan las lañas en forma de lengüeta que anclan la hoja exterior. Esta solución fue utilizada en las viviendas de Cabieces (Bilbao), que estudiaremos más adelante.

También pueden utilizarse fijaciones genéricas como las distribuidas en nuestro país por Fischer⁷ que acoplan una fijación con taco de plástico a un alambre de acero inoxidable. Una arandela fija al aislamiento en su posición adosada a la hoja interior. (Figs. 20, 21 y 22).

En otros países se usan lañas más sofisticadas. El país con mayor experiencia, Gran Bretaña, tiene sobre el tema una normativa amplia y precisa. (Fig. 23 y 24).

⁷ Fijaciones Fischer. Dirección: Avda. de Roma, 1-9 • 08290 Cerdanyola del Vallés. Barcelona. Tel.: (93) 580 60 00 • Fax: (93) 691 19 12

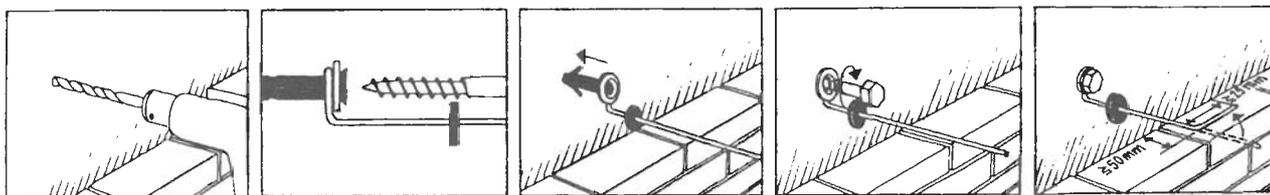


Fig. 21.-Montaje de la fijación utilizada como laña de estabilización

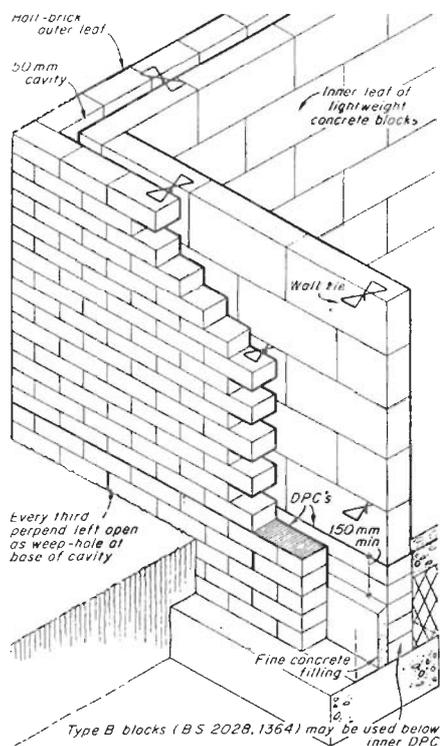


Fig. 23.-Figura de un texto inglés para estudiantes con las recomendaciones generales sobre la disposición de lañas.

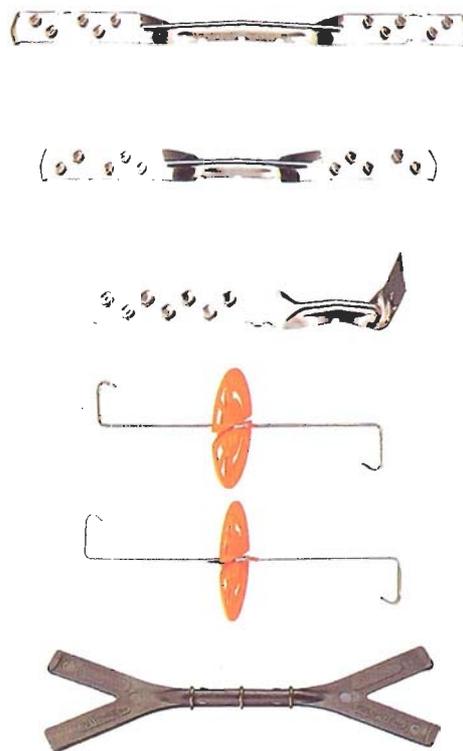


Fig. 24.-Diversos tipos de fijaciones según la reglamentación inglesa. Ambitos de aplicación

Otros países están tipificando sus propios sistemas. Por su especial variedad nos acercaremos a las citadas en la publicación suiza ya citada. Reproducimos: las de chapa doblada, las de espiral, las de J y las articuladas. (Fig. 25).

Las de chapa de acero inoxidable doblada tienen la ventaja de que la espiral hace de goterón. Para chapas de 1,5 x 15 mm. pueden suponerse resistencia a la tracción de 1500N. La resistencia a la compresión depende de la separación entre las hojas: para 5 cm. será de 1300 N y para 8 cm. será de 800 N para distancias intermedias puede interpolarse. Las de resorte están especialmente indicadas para permitir la deformación térmica de la hoja exterior. Para redondos de 5 mm. de acero inoxidable pueden soportar 400 N de tracción o compresión con una elongación de 4 mm.

Las de forma de J están pensadas para anclarse en el forjado. Un dado de poliestireno que queda también empotrado facilita los movimientos térmicos al hacer más blando el punto de empotramiento del alambre. Para asegurar su resistencia a la compresión limitando el pandeo, suele envolverse su longitud libre en una prima de poliestireno duro.

Por fin las articuladas tiene dos elementos de anclaje unidos por un cilindro hueco de acero. Así permiten un amplio desplazamiento térmico de la hoja exterior (hasta 16 mm. para cámaras de 8 cm.). Para diámetros de 5 mm. su resistencia tanto a la compresión como a la tracción es de 3000N.

La disposición de lañas exclusivamente en los forjados, basta para estabilizar a la hoja exterior en casi todos los casos de exposición del edificio. Siempre debe comprobarse que la disposición de los huecos no provoque debilitamientos excesivos de la hoja exterior. Cuando la hoja exterior se extiende a lo alto de varias plantas, el peso propio de las plantas superiores compensa las tracciones en el tendel que las acciones horizontales puedan provocar. Sólo en la última planta, la seguridad de esa cobertura queda un poco reducida y es conveniente aumentar el número de lañas. (Fig. 26).

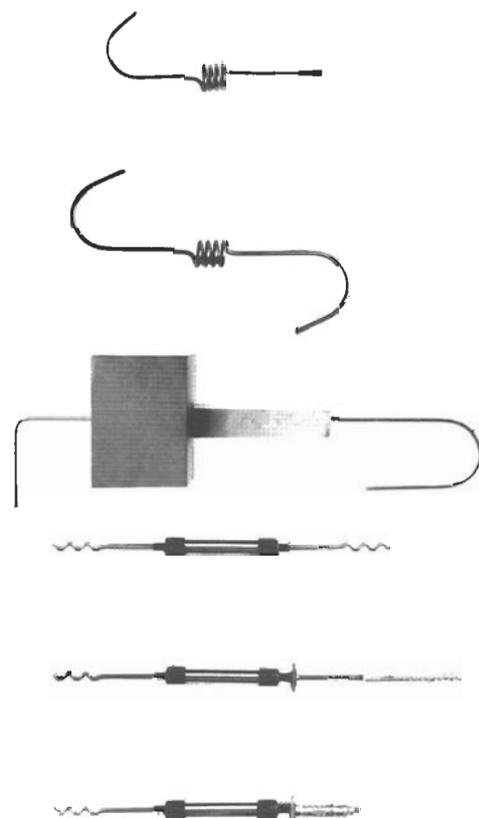
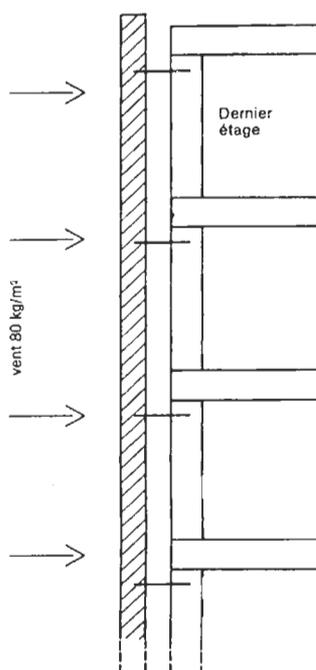


Fig. 25.—Diversos tipos de lañas utilizadas en Suiza.



| σ_{ng} | σ_w | σ_t $\sigma_w - \sigma_{ng}$ | σ_t^{adm} (essais avec $\gamma = 4$) N/mm ² | sécurité contre les micro-fiss. γ_{ex} |
|---------------|------------|--|---|--|
| 0,02 | 0,22 | 0,20 | 0,07 | 1,4 |
| 0,04 | 0,22 | 0,18 | 0,07 | 1,7 |
| 0,05 | 0,16 | 0,11 | 0,08 | 2,8 |
| 0,07 | 0,16 | 0,09 | 0,08 | 3,5 |
| 0,08 | 0,16 | 0,08 | 0,08 | 4,0 |
| 0,10 | 0,16 | 0,06 | 0,08 | 5,5 |

Fig. 26.—Tensiones en los tendeles en función de los pisos situados por encima, según una publicación de los fabricantes suizos del ladrillo.

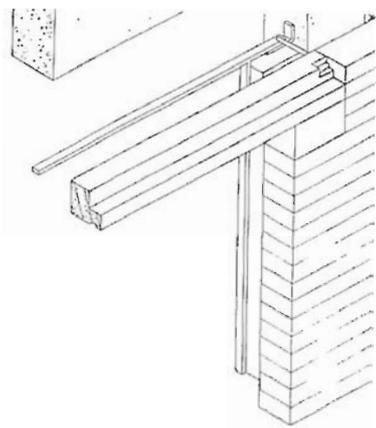


Fig. 28.—Fijación del dintel de las viviendas en la Villa Olímpica (Ll. Crotet e I. Paricio).

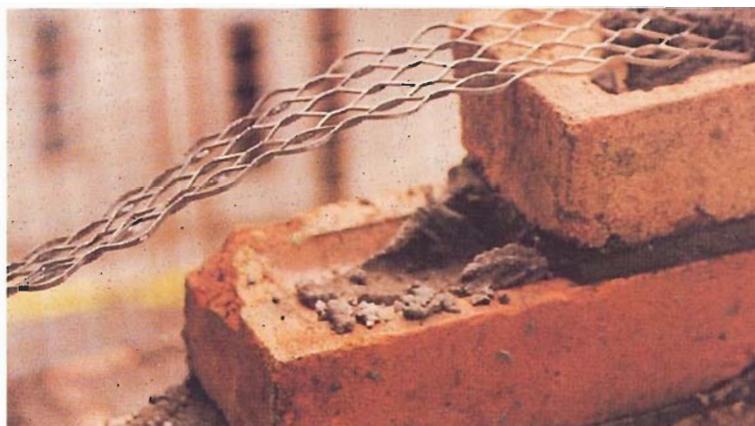


Fig. 27.—Armadura de un tendel con una malla Expamet de acero inoxidable.

En el caso de las viviendas en la Villa Olímpica redujimos las fijaciones a dos redondos de acero inoxidable que fijaban el dintel de la hoja exterior a los cogotes de los premarcos. Así las tensiones de esas fijaciones puntuales se distribuían en la hoja exterior a través del dintel armado. (Fig. 28).

De la sofisticación que están alcanzando los elementos de fijación que permiten unos movimientos impidiendo otros, es una muestra la laña de unión entre muros adyacentes o continuos definida por la norma británica BS5628. Una chapa metálica que tiene una de sus mitades enfundada en plástico para que la junta se abra o cierre sin que los muros puedan desplazarse fuera de su plano. (Fig. 29).

En otros países la conciencia de la necesidad de controlar los movimientos relativos de los paramentos de albañilería ha llevado al estudio y a la producción industrial de una gran variedad de fijaciones especiales que resuelven las relaciones de tabiques y muros o de elementos de hormigón y de albañilería. (Fig. 30).

2.2. El perímetro de los huecos

La localización de la carpintería

Para la definición de la imagen del edificio es muy importante la situación de la carpintería en el grosor de la fachada. En la fachada ventilada la carpintería puede disponerse en cualquier posición: a haces interiores, en el plano de la cámara o a haces exteriores. Cada situación tiene sus ventajas y desventajas.

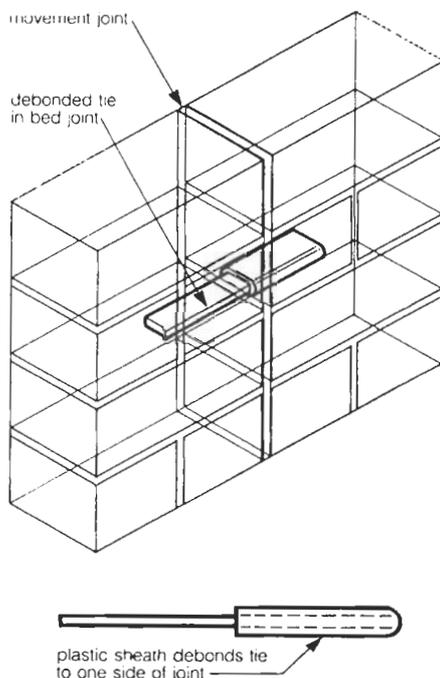


Fig. 29.—Laña de unión entre dos témpanos de la hoja exterior según la BS 5628. Uno de los extremos está envuelto en plástico para permitir el movimiento de la junta en el plano de la hoja exterior. La laña sólo evita el movimiento perpendicular a ese plano.

* (Murfor), BEKAERT IBERICA, S. A. • Travesía de Gracia, 30 • 08021 Barcelona
• Tel.: (93) 209 87 22 • Fax: (93) 201 78 78
EXPAMET, P. O. Box 14 Longhill Industrial Estate (North) Hartlepool TS 25 1 Pr,
England • Tel.: 0429 - 26 66 33 • Fax: 0429 86 66 33

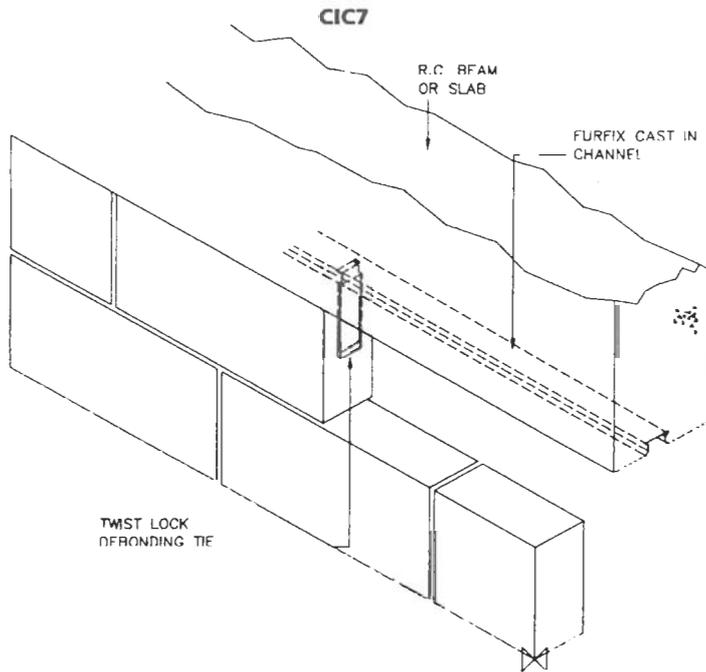


Fig. 30.—Fijación especial que cuelga del forjado para estabilizar la hoja interior sin que la junta tenga que cerrarse con un material rígido.

Permanece en el proyectista una tendencia a conservar **la carpintería enrasada con la cara interior**. Es la habitual en nuestros climas para la fachada convencional y es la más cómoda si se trata de huecos ocupados por hojas practicables. También puede aducirse que la carpintería está más protegida con lo que en climas cálidos el efecto invernadero es menor. Para carpinterías de madera esa protección de la intemperie puede ser también muy beneficiosa. En todos los casos es razonable proteger un elemento que, por constituir una discontinuidad en la fachada, puede tener problemas de estanqueidad. El único aspecto negativo es el retorno de la capa de aislamiento térmico en el telar hasta el premarco para evitar el puente térmico de la testa de la hoja interior. Ese retorno exige una protección con el mismo material de la carpintería o con alguna deformación de la hoja exterior. (Fig. 31).

En la fachada ventilada la disposición interior de la carpintería complica un poco la estanqueidad. El agua que moja la ventana debe conducirse hasta el exterior con un vierteaguas de la carpintería que vierta sobre el alfeizar. Este detalle, sencillo en el centro del hueco se complica en los encuentros con el telar. La carpintería, solidaria con la hoja interior, debe estar envuelta por un marco (telar+vierteaguas) que asegure que toda el agua llega al exterior sin que pueda introducirse en la cámara. Veremos este detalle un poco más adelante, al estudiar la continuidad de la estanqueidad.

La imagen de la fachada exhibe todo el espesor de las dos hojas en el recorte que cada hueco supone y refuerza el dibujo del aventanamiento con fuertes sombras.

Si se sitúa **la carpintería en el plano exterior** de la fachada se consigue una imagen tersa y plana del edificio y se incrementa notable-

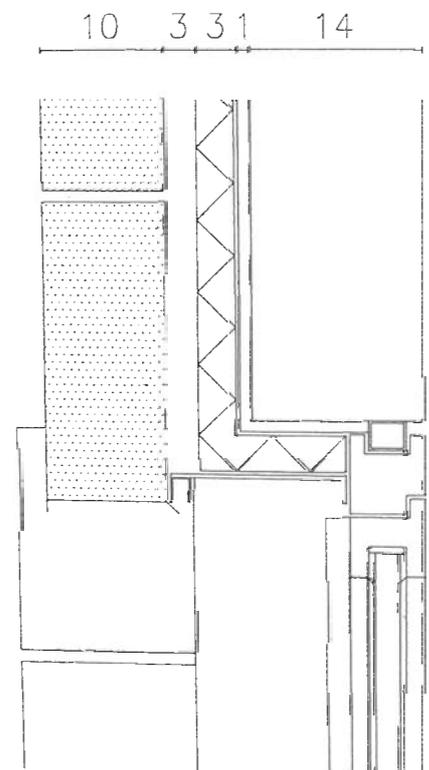


Fig. 31.—Esquema de la disposición interior de la carpintería

mente el efecto invernadero. En el lado de las desventajas están la desprotección de la carpintería y las dificultades para garantizar la estanqueidad en la parte superior. Si se adopta esta solución también habrá que buscar la continuidad del aislamiento hasta el premarco retornando la lámina aislante hacia el exterior.

La posición más natural para la fachada ventilada es la de **la carpintería en el centro**, poniendo el premarco en la cámara de aire. (Fig. 32). Esta posición plantea dos dificultades, la practicabilidad de las hojas, y la disposición de la caja de persianas. Trataremos este segundo punto más adelante.

En la fachada ventilada el premarco tiene una función más compleja que en la fachada convencional. No sólo tiene que garantizar un límite de precisa geometría a la carpintería sino que, además, debe asegurar su rígida fijación a la hoja interior y facilitar el cierre estanco de la cámara gracias a su sellado con la hoja exterior. En algunos casos el premarco colaborará en la misión de dintel soportando algunas hieladas superiores.

Todo ello obliga al diseño de premarcos muy específicos como los angulares continuos de las viviendas de Cabieces (Fig. 54). En Gran Bretaña el desarrollo de productos industriales para la fachada ventilada y el estudio cuidadoso de las nuevas funciones del premarco han llevado a soluciones muy especiales (Fig. 33 y 34)⁹.

En cuanto a la practicabilidad de las hojas las soluciones son diversas: recurrir a carpinterías correderas u oscilobatientes o diseñar una carpintería combinando paneles fijos y practicables de manera que los practicables nunca tengan las bisagras en el borde de un hueco para que la hoja pueda abrirse más de 45° (Fig. 35).

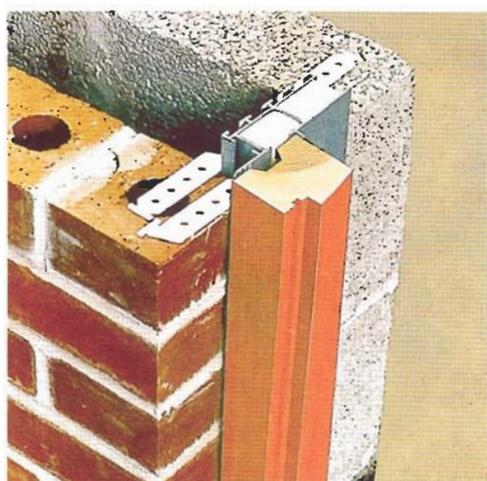


Fig. 33.—Premarco "Dacatie" de PVC relleno con poliestireno expandido. Las lañas de fijación a ambas hojas son de nylon. El diseño del perfil en contacto con el canto de la hoja exterior forma unas cámaras para prevenir el paso de la humedad.

⁹ Premarcos y otros perfiles.

DACATIE, NT Radway Plastics; Radway Road Shirley Salihul West Midlands B90 4NR; Tf 021 704 1772, Fax 021 704 4617.
TRIFORM, Airfield Industrial Estate, Ashbourne, Derbyshire, DE6 1HA U.K. Tel. 0335 343821, Fax: 0335 344462

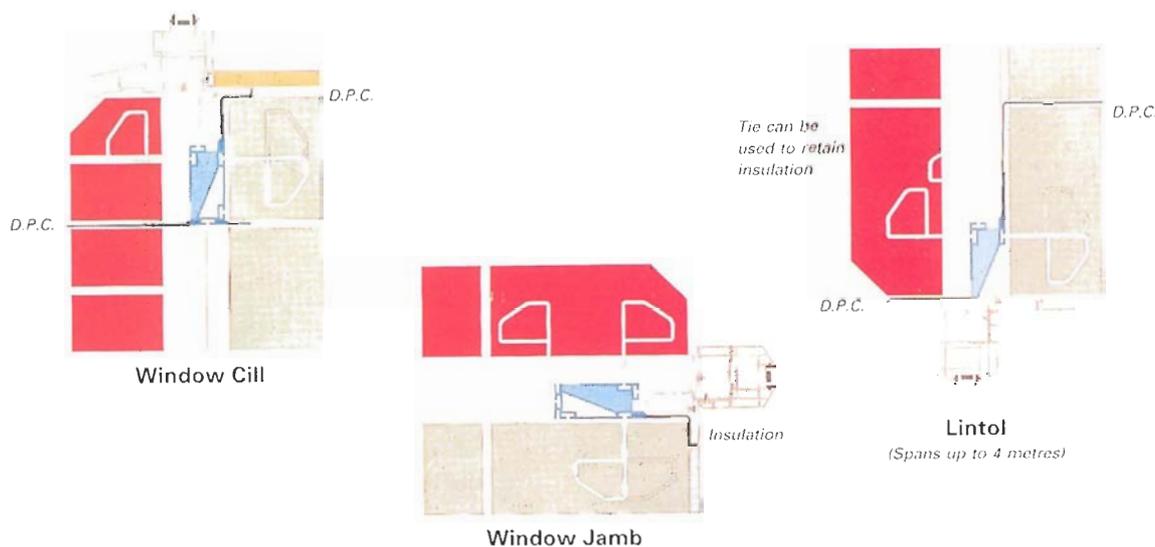


Fig. 34.— Perfil Triform con lañas de acero inoxidable y hojas diversas que actúan como láminas de estanqueidad adecuadas a cada punto del perímetro.

Dinteles y cajas de persiana

Para sostener los lienzos de albañilería que quedan sobre los huecos la solución más simple y radical consiste en formar un dintel en cada una de las hojas. El de la hoja exterior puede ser de piedra artificial o de cerámica armada. En este último caso puede recurrirse a piezas de sección ahuecada para recibir las armaduras o disponer unas armaduras especiales en el tendel capaces de sostener la hilada inferior (armadura Murfor). A lo largo de este trabajo citamos una solución completa de fachada ventilada, formada por cinco piezas moldeadas llamada "Fachada Mediterránea". Una de estas piezas es un dintel, una pieza que permite disponer unas armaduras dentro de una acanadalura interior para, una vez rellena de hormigón, formar una viga armada.

El dintel interior no siempre es necesario, pues a veces la caja de persianas puede ocupar todo ese espacio hasta el forjado del piso superior. En el caso de que sea necesario cualquier material protegido de la corrosión, una vigueta de hormigón armado por ejemplo, puede cumplir ese papel, puesto que no será visto desde ningún punto.

En la construcción noreuropea suele utilizarse el dintel único. Es una solución muy razonable para países en los que no es común la persiana enrollable y siempre que no se coarte la libre deformación de la hoja exterior. Ambos dinteles quedan a la misma altura y pueden estar unidos por algún material que no constituya un puente térmico excesivo. Son habituales los dinteles de chapa plegada de acero inoxidable con inyección de poliestireno en su interior (Fig. 36). El dintel puede alojarse en la cámara o desarrollar su volumen en la hoja interior (Fig. 37)¹⁰.

En nuestro país es habitual el uso de la persiana enrollable, sobre todo en los edificios de vivienda. En este caso es lógico que la hoja exterior oculte el bombo con lo que la persiana descenderá por una guía colocada justo en la cara interior de esa hoja exterior. Eso supone que el bombo que recoge la persiana tendrá su diámetro limitado si la caja de persianas no puede sobrepasar el plano interior de la fachada. El espacio libre para el bombo será el que corresponde a la cámara de aire, el aislamiento térmico y la hoja interior (Fig. 38). Entre 20 y 25 cm. habitualmente.

¹⁰ Algunas empresas de dinteles en Gran Bretaña:
Ancon Lintels / Olive Grove Road, Sheffield S2 3GB, Tel (0742) 755244, Fax: (0742) 768543.
Catnic / Pontywindy Estate Caerphilly / Mid Glamorgan CF8 2WJ / Tel (0222) 885955, Fax: (0222) 863178

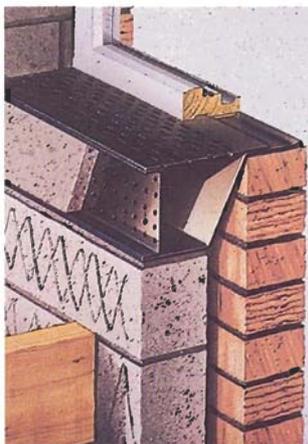


Fig. 36.—Dintel único para las dos hojas tipo Catnic.

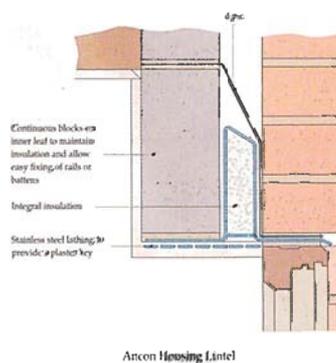


Fig. 37.—Dintel Ancon de acero inoxidable que ocupa la cámara de aire y soporta ambas hojas.

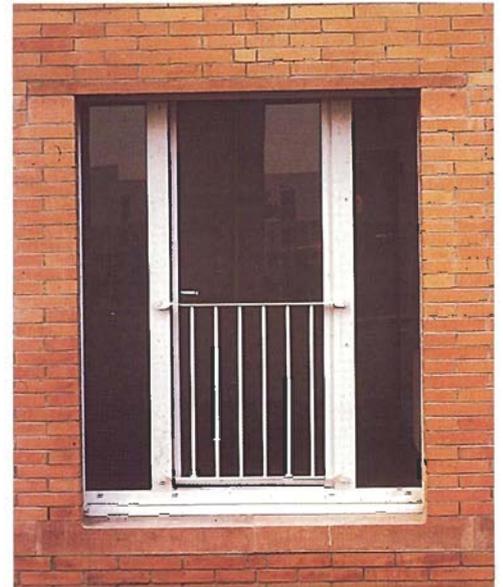


Fig. 35.—La ventana tipo de las viviendas de la Villa Olímpica.

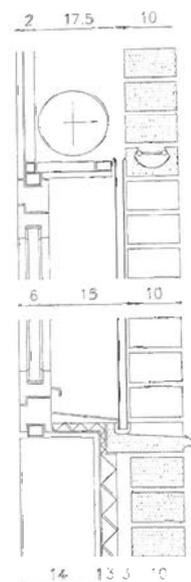


Fig. 38.—Esquema de la situación y diámetro del bombo de la persiana en una fachada ventilada: "La fachada Mediterránea".

Para alturas mayores deberá modificarse el grosor de la fachada o diseñarse el alzado del paramento interior partiendo del tamaño de la caja de persianas. No debe olvidarse que todo el desarrollo interior de la caja debe protegerse con aislamiento térmico y que el registro del bombo debe ser lo más sencillo posible.

Elementos de la estanqueidad

El diseño para asegurar la estanqueidad de la fachada ventilada parte de la base de que algunas gotas de agua pueden llegar a penetrar en la cámara ventilada, sea por la permeabilidad de la hoja exterior, sea por las juntas de movimiento térmico de esa hoja. Se trata de impedir que esas gotas que puedan correr por el envés de la hoja exterior lleguen a la hoja interior. (Fig. 39 y 40). Para ello serán fundamentales dos aspectos que dependen de la ejecución de la obra: la siempre difícil limpieza de la cámara y la disposición de las lañas de manera que por su pendiente o por la presencia de un goterón el agua no pueda deslizarse por ellas hacia el interior.

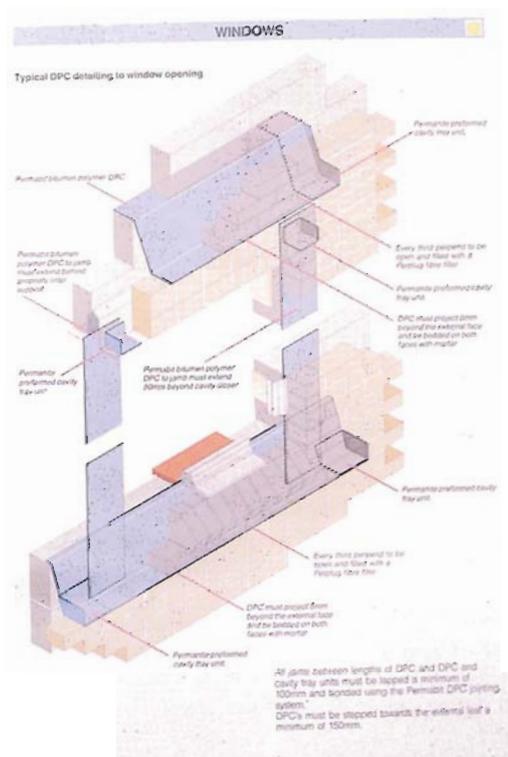
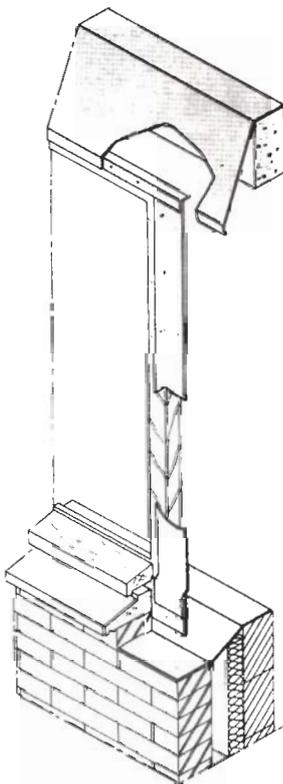
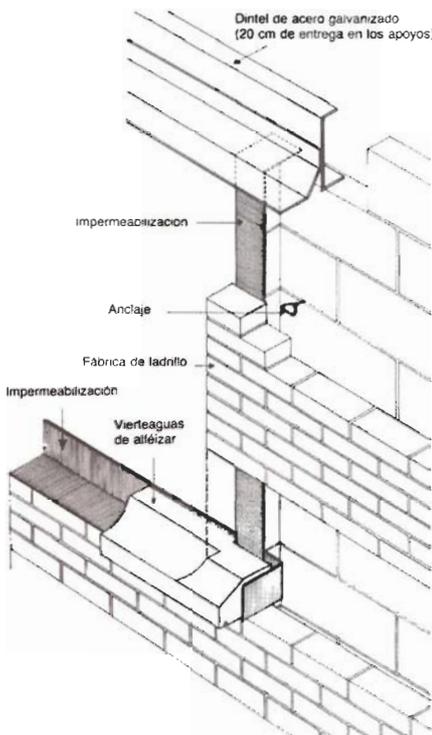


Fig. 39.—Elementos de estanqueidad ingleses

Desde el punto de vista del diseño constructivo, dos puntos serán especialmente delicados: los apoyos en los forjados y los dinteles. En los forjados en los que se apoye la hoja exterior la cámara quedará interrumpida y será necesario conducir hacia el exterior el agua que pueda correr por el envés de la hoja exterior. Para ello puede utilizarse un babero de estanqueidad a modo de los habituales en la construcción inglesa. (Fig. 41 y 42)¹¹.

¹¹ Empresas inglesas con productos de estanqueidad:

Cavity Trays / Yeovil, Somerset BA21 5HU, Tel. 0935 74769, Fax: 0935 28223, Permanite / Tewin Road Welwyn Garden City, Herts, AL7 1BP Tel. 0707 376666, Fax: 0707 375060,

Timloc / Rawcliffe Road, Goole, North Humberside DN14 6UK, Tel. 0405 765567, Fax: 0405 720479

Fig. 40.—Esquema de la estanqueidad alrededor del hueco según Berstein.

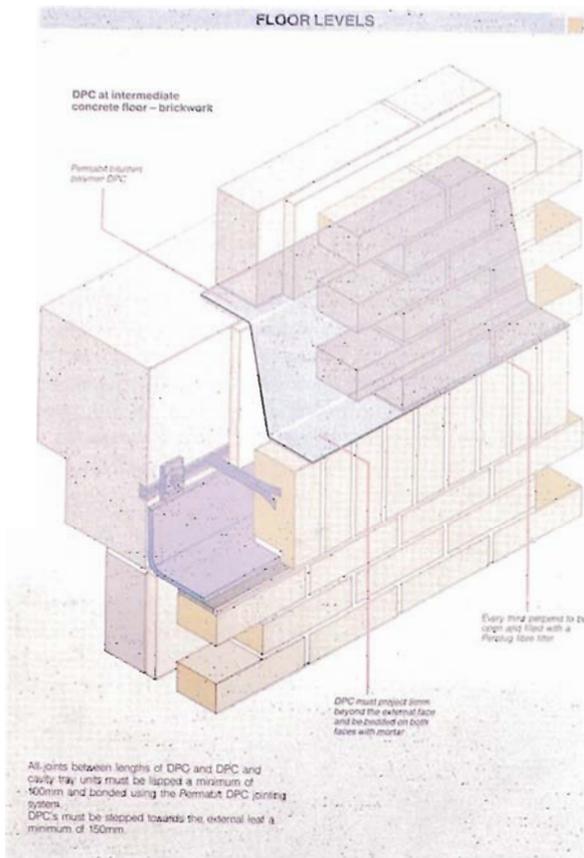


Fig. 41.-Babero de estanqueidad en los apoyos de la hoja exterior.

En cualquier caso será necesario dejar unos huecos a través de los que puedan ventilarse esas humedades o evacuarse las gotas de agua en caso necesario. En la construcción holandesa, y en otros países, es habitual dejar sin relleno de mortero algunas llagas de la hilada de apoyo. (Fig. 43). En algunos casos incluso se disponen en esas llagas unos elementos de plástico que aseguran la ventilación (Fig. 44).

En la solución que llamamos "Fachada Mediterránea" se ha resuelto el problema con una pieza especial, una "Imposta" que tiene pendiente hacia el exterior y que presenta unos huecos idóneos para la ventilación y evacuación de las aguas. (Fig. 45).

El otro punto delicado, como hemos visto, es el que queda por encima de los huecos. Si se utiliza la persiana enrollable, el hueco de la cámara puede quedar abierto sobre el bomo sin mayor problema, puesto que el posible goteo del envés de la hoja exterior caerá por el exterior de la carpintería. Si la carpintería queda en el exterior o si se utiliza el dintel único será conveniente utilizar algún tipo de babero, como hacen los ingleses, y prever huecos de ventilación. (Fig. 46).

El alféizar también debe diseñarse cuidadosamente para conducir el agua desde la carpintería hasta el plano exterior de la fachada. Pueden utilizarse dinteles metálicos, cerámicos, etc. pero lo importante es que aseguren que el agua no puede llegar a la hoja interior introduciéndose por la unión entre los ángulos inferiores de la carpintería, el alféizar y la hoja exterior cerámica. (Fig. 47). Para ello será necesario asegurar la estanqueidad entre las hojas interior y exterior con los premarcos anteriormente descritos o con láminas de separación estanca si alguna de las hojas retorna cerrando la cámara (Fig. 48).

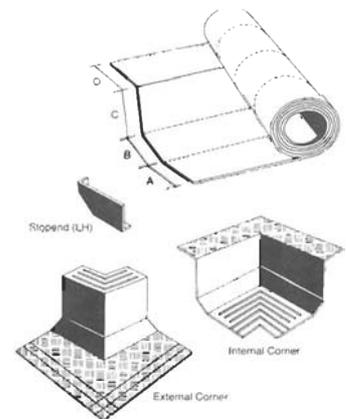


Fig. 42.-Babero de estanqueidad BBA con piezas especiales para formar esquinas cóncavas y convexas.



Fig. 43.-Llaga de ventilación sin mortero.

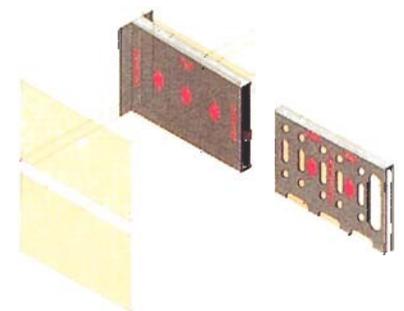


Fig. 44.-Piezas de ventilación diseñadas para alojarse en las llagas.

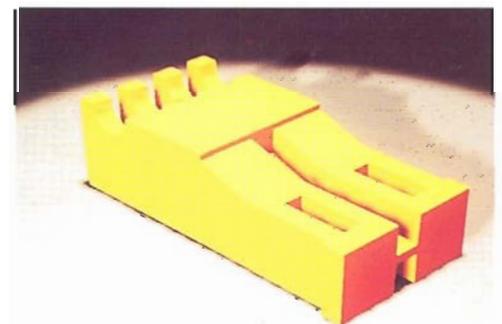


Fig. 45.-Los huecos de ventilación de la "Fachada Mediterránea" están previstos en su pieza de soporte, la "imposta".

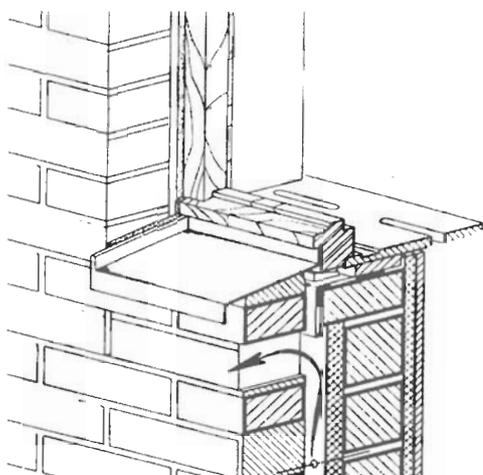


Fig. 47. -Esquema explicativo de los problemas de estanqueidad que se concentran en el encuentro jamba alfeizar según Schild.

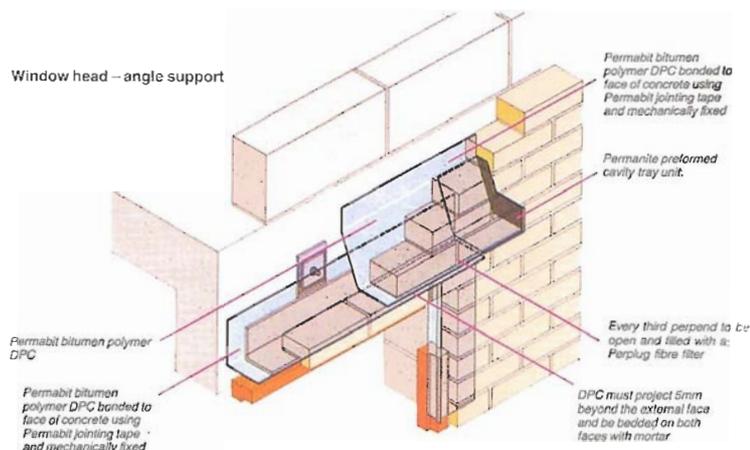


Fig. 46. -Babero de estanqueidad sobre un dintel de ventana tipo Permanite.

Cuando la carpintería no está enrasada con el exterior son muy adecuados los alféizares en forma de bandeja que se calzan debajo del vierteaguas de la carpintería, la desbordan lateralmente en las cámaras y se introducen entre los ladrillos de la hoja exterior. Esa forma tan compleja puede conseguirse con algún metal maleable, con piezas moldeadas de piedra artificial o con piezas cerámicas especialmente diseñadas como las que forman el sistema que hemos llamado "Fachada Mediterránea". (Fig 49). Una pieza llamada "quicio" con el tamaño de un ladrillo está moldeada de manera que media pieza se introduce entre las restantes de la hoja exterior y la otra media se introduce debajo del alfeizar y recibe la guía de la persiana. La pieza combina con otras del tipo "alféizar" para dar a este elemento constructivo la longitud deseada.

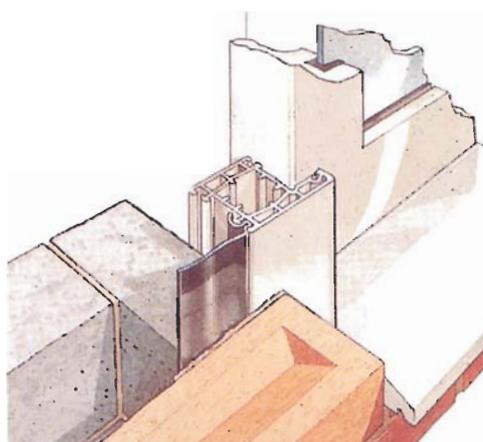


Fig. 48. -Lámina de estanqueidad separando las hojas interior y exterior.

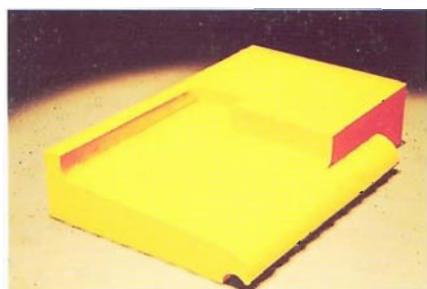


Fig. 49. -Pieza de "quicio" de la Fachada Mediterránea que asegura la estanqueidad recogiendo el agua de la carpintería e introduciéndose debajo de la hoja exterior. El triedro jamba-carpintería-alféizar queda completamente cerrado.

2.3. El soporte de la hoja exterior en una construcción de altura

La dificultad más importante en el diseño de una fachada ventilada de hoja exterior pesada la plantea el soporte de la hoja exterior cuando la altura del edificio excede los límites razonables para una lámina tan esbelta. (Fig. 50).

En nuestro país no existe una normativa específica sobre este punto pero es habitual considerar las limitaciones establecidas en otros países europeos que acotan dicha altura máxima en 12 metros para hojas exteriores de 9 cm. de grosor. Parecen razonables las recomendaciones francesas¹² según las cuales no deben excederse los 10 metros de altura sin un cálculo justificativo de cada caso. En estos casos la lámina exterior es autoportante por lo que hace a las cargas verticales y está estabilizada por las lañas que la unen con las hojas interior o con los forjados.

Estudiaremos a continuación un caso ejemplar de fachada ventilada sin apoyos intermedios construida recientemente en España. Para edificios de más de tres plantas de altura es habitual el recurso al apoyo cada uno o dos forjados. Ese apoyo siempre supondrá un puente térmico que interrumpe la continuidad del aislamiento. Para minimizarlo puede recurrirse a una de las tres soluciones siguientes:

- Vuelo de un pequeño elemento del forjado que atraviesa el aislamiento térmico.

¹² DTU 20.11 artículo A3.331

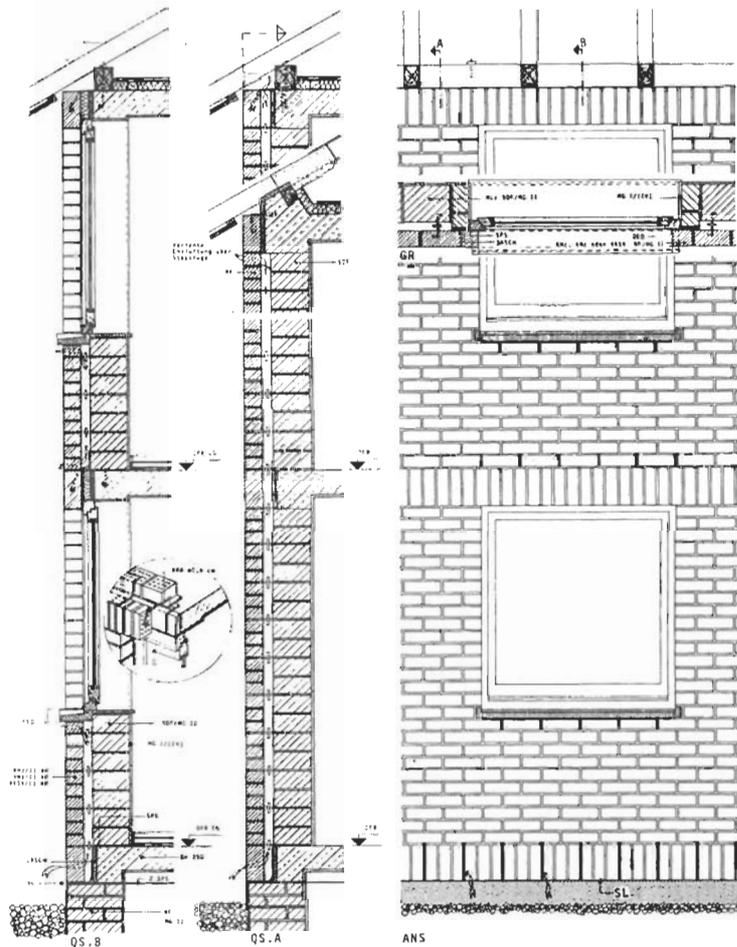


Fig. 50.—Lámina de los comentarios a la norma DIN redactados por Reichert.

- Sustitución del vuelo del forjado por un elemento metálico, muy delgado de gran capacidad portante.
- Sustitución del vuelo del forjado por un elemento cerámico, grueso pero de baja conductividad térmica.

El límite de la altura libre: Viviendas en Cabieces

Existe un magnífico precedente de fachada ventilada construida en España en esas condiciones. Se trata del conjunto de viviendas proyectado por Eduardo Múgica, Gloria Iriarte y Agustín de la Brena en Cabieces (Bilbao). El edificio es de planta baja y cuatro pisos. Sobre la planta baja, de altura muy variable, vuela un ménsula de hormigón sobre la que se apoya la hoja exterior de medio pie de albañilería. El vuelo se realiza bastante por debajo del nivel del primer forjado, de manera que el pliegue de la estructura en este punto minimiza la importancia del puente térmico. La hoja exterior se levanta cuatro plantas pasando por delante de todos los forjados y formando una amplia junta abierta bajo la cornisa de coronación (Fig. 51).

La hoja interior es de ladrillo doble hueco con un espesor de 7 cm. El aislamiento térmico está formado por un panel de poliestireno extrusionado de 5 cm de grueso. La cámara de aire mide también 5 cm. La hoja exterior es de obra vista de medio pie de grueso (Fig. 52, 53 y 54).

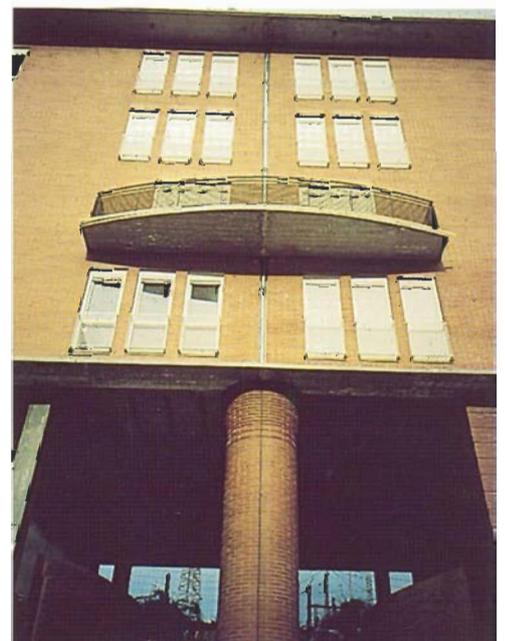


Fig. 51.—Vista del edificio de viviendas construido en Cabieces (Bilbao) por E. Múgica, G. Iriarte y A. de la Brena.

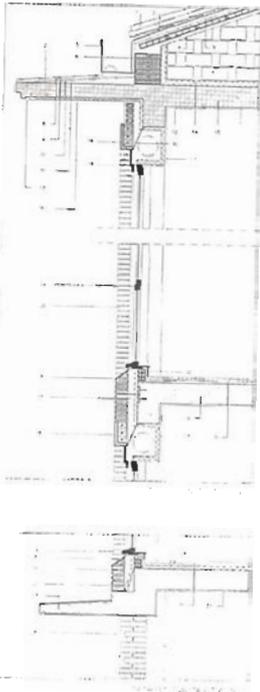


Fig. 52.-Sección general de la fachada.

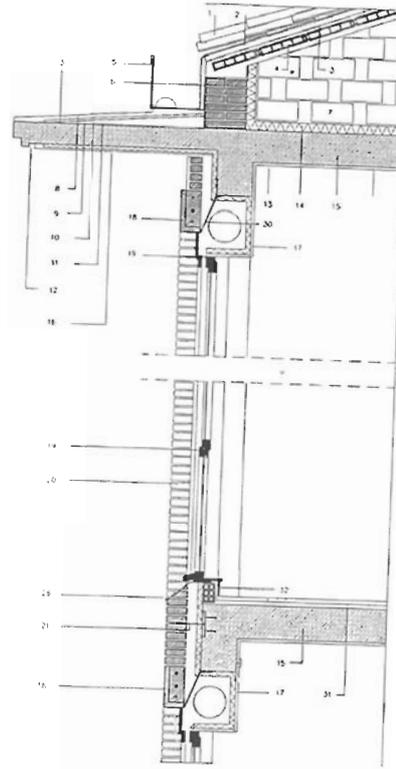


Fig. 53.-Detalle de la sección y la relación entre hojas

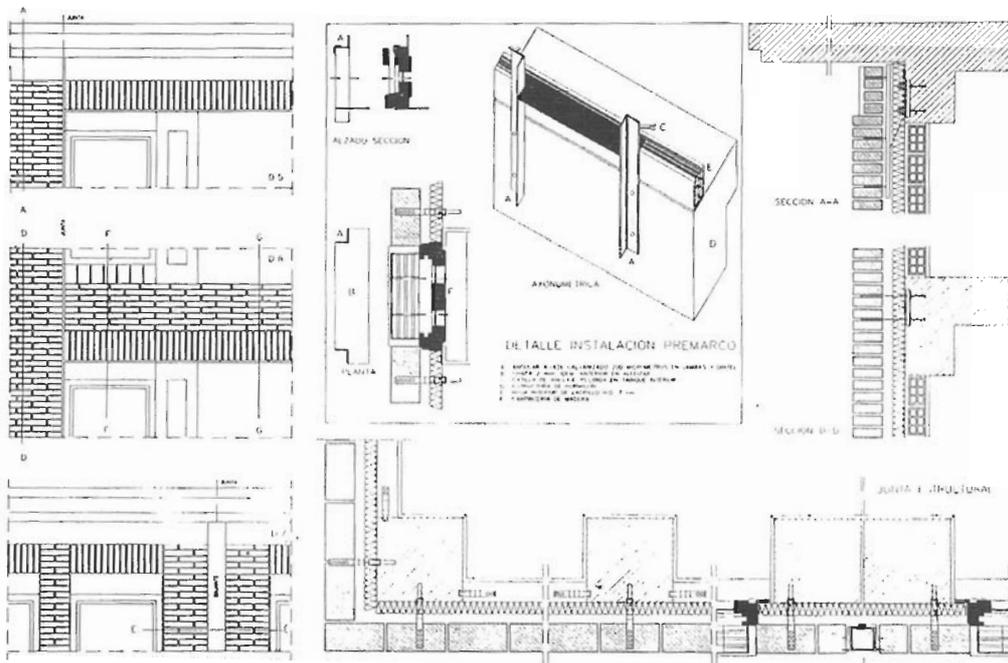


Fig. 54.-Detalle de la planta de la fachada.

Los premarcos son en realidad dos angulares galvanizados que recorren toda la altura del edificio garantizando la verticalidad de los huecos. Esos angulares se fijan al canto del forjado y guían la construcción de la hoja interior a la que se unen mediante patillas metálicas. La carpintería de madera se inserta entre los dos angulares y ocupa todo el espacio de la cámara de aire.

Las lañas de estabilización de la hoja exterior se fijan a la estructura de hormigón, sea en los bordes del forjado o en los pilares. (Fig. 55 y 56). La estabilización de la hoja exterior está encomendada a unas lañas metálicas, tipo Halfeneisen, que corren por guías solidarias con la estructura de hormigón (Fig 57 y 58).

Es una obra de cuidadísima construcción; durante los cuatro años de vida que tiene al redactar estas líneas su comportamiento ha sido inmejorable a pesar de que su exposición, en lo alto de una colina próxima al Cantábrico, es una de las más duras del país. El proyecto ha extraído la máxima rentabilidad de esta solución constructiva, llevándola a su máxima esbeltez. La fachada muestra las posibilidades de esta solución. (Fig. 59).

Primera solución: Modificaciones del borde de forjado

Para edificios de mayor altura la hoja exterior debe apoyarse en cada piso y la solución más sencilla es la modificación del borde de forjado para reducir el puente térmico. Tiene la ventaja de que puede realizarse con las técnicas más tradicionales y dentro del proceso convencional de construcción del edificio aprovechando la ductilidad formal del hormigón. Sólo exige la previsión de unos encofrados de borde algo más complejos que la habitual tabica. (Fig. 60).



Fig. 55.—Muestra de la colocación de premarco y la carpintería.



Fig. 59.—Vista general de viviendas en Cabiecos.



Fig. 56.—Vista de la obra que las carpinterías se fijan a los premarcos y estos a los bordes de los forjados. La hoja interior se montó posteriormente pisando las garras de los premarcos.



Fig. 57.—Las lañas de fijación de la hoja exterior.

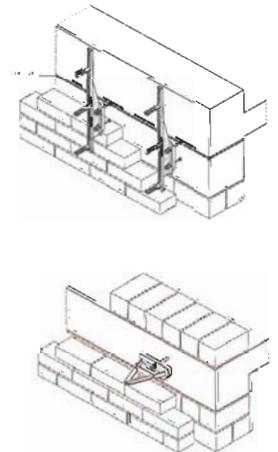


Fig. 58.—Uno de los mecanismos o guías de fijación de lañas, tipo Halfeneisen.

Lo normal será que el vuelo del forjado no llegue hasta el haz exterior de la fachada, sino que quede protegido por una pieza en forma de L por ejemplo, que reduzca la conductividad térmica del conjunto. Si entre pieza y vuelo se interpone una lámina de aislamiento el diseño será casi perfecto.

Se interponga o no la pieza en L, la estabilidad de la hoja exterior exige que el apoyo sobre el vuelo del forjado sea igual o mayor que los dos tercios del grueso de dicha hoja. En formato métrico eso supone

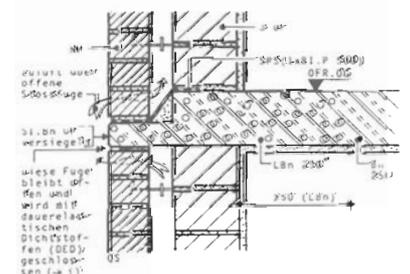


Fig. 60.—Modificación del borde de forjado como detalle propuesto por los comentarios a la norma DIN.

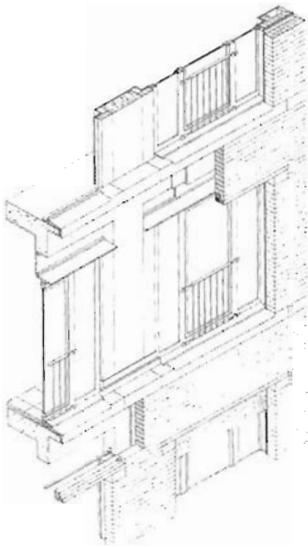


Fig. 61.—Axonométrica general de la fachada ventilada de las viviendas de la Villa Olímpica de Barcelona (Ll. Clotet e I. Paricio).

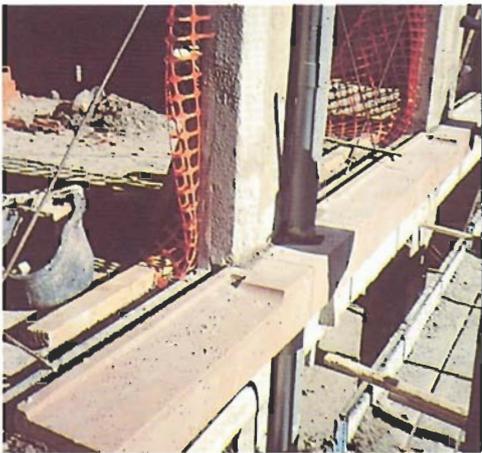


Fig. 64.—Vista de la piedra artificial que cubre el borde de forjado formando el apoyo de la hoja exterior y el alieizar en los huecos.



Fig. 65.—Vista de la hoja exterior junto a un hueco mostrando la situación del premarco, la cámara de aire y el dado de apoyo del dintel.

8 cm. de apoyo. Sumando el espesor de la cámara y el grueso del aislamiento obtendremos el total del vuelo a conformar. Suele ser de 15 a 18 cm.

El problema es, como siempre, que la ejecución debe ser muy perfecta para que la tolerancia dimensional que exige la construcción del forjado no ponga en peligro la estabilidad de la hoja exterior. En el formato citado, el apoyo tendrá que ser de 8 cm o más. Con una tolerancia de ± 1 cm. habrá que proyectar un apoyo de 9 cm. con lo que, con piezas de 11,5 cm. de tizón, sólo quedan dos y pico para la pieza en L y el aislamiento si llega a colocarse. Sólo una L metálica con alma aislante podría llegar a cumplir estas exigencias.

En la Villa Olímpica de Barcelona en un proyecto de cien viviendas realizado con Lluís Clotet utilizamos esta solución. (Fig. 61 y 62). La hoja exterior era de ladrillo catalán. La cámara tenía 3 cm. y el aislamiento otros tantos. La hoja interior era de ladrillo hueco y cartón-yeso con grosores de 20 cm. para albergar los pilares de hormigón. (Fig. 63, 64 y 65).

La gran rigidez de los núcleos de hormigón de accesos y medianeras permitieron reducir a 20 cm uno de los lados de todos los pilares. La ejecución fue laboriosa, pero gracias a este recurso toda la planta pudo resolverse sin que apareciera en el interior de la vivienda ningún elemento estructural, pues los 20 cm. quedan disimulados en el espesor de la hoja interior. (Fig. 66 y 67).

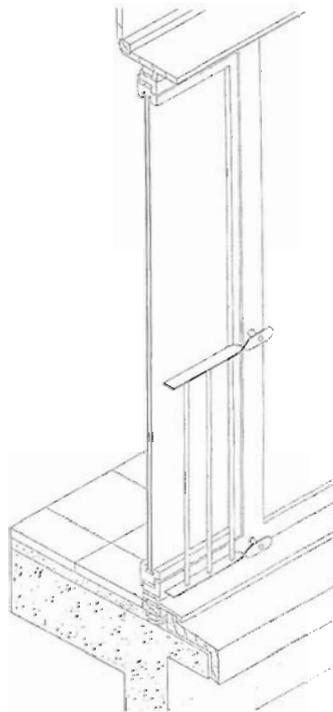


Fig. 62.—Detalle de la modificación del borde de forjado.

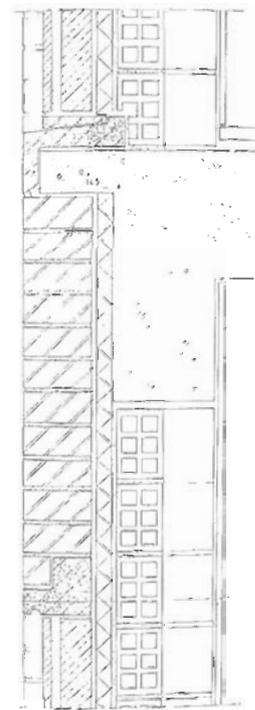


Fig. 63.—Detalle constructivo de la fachada y el apoyo en el forjado.

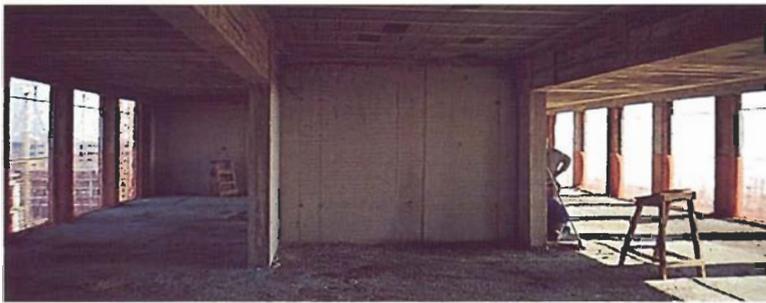


Fig. 66.—La estructura de una vivienda muestra la disposición de los elementos verticales, cajas de escalera núcleos de medianería y dos series de pilares en el plano de las fachadas. Los pilares interiores se evitan con las dos grandes jácenas para liberar distribuciones posteriores de la planta.

El vuelo de hormigón medía 17 cm con 8 de canto. Su testa se cubrió con una L de piedra artificial cuyo faldón vertical apenas sobrepasaba los 2 cm. A pesar de tratarse de un ladrillo de formato catalán, las dimensiones fueron tan ajustadas a las tolerancias de ejecución que no fue posible introducir ningún aislamiento entre pieza forjado.

La pieza de piedra artificial forma una imposta corrida y cumple la función de alfeizar bajo los huecos. Está moldeada de manera que se calza bajo el vierteaguas de carpintería y resuelve el rincón descrito en el punto anterior. (Fig. 64).

Segunda solución: El recurso a elementos metálicos de soporte

La solución más difundida en Estados Unidos y el norte de Europa es el apoyo de la hoja exterior en un perfil metálico. El imposible mantenimiento y la exposición de su situación han llevado al uso exclusivo de perfiles de acero inoxidable.

Los elementos más sofisticados son los que calzan ladrillo a ladrillo la obra vista (Fig. 68). No conozco ningún caso de utilización en España de esta solución. En el mercado español, Mecanotubo tiene la licencia para España de la casa Halfen con una variedad y calidad de soluciones insospechadas.

Lo más habitual es el uso de angulares con un ala fija en el borde de forjado y la otra volando para recibir la carga de la hoja exterior. (Fig. 69 y 70). Este sistema de amplia difusión en Estados Unidos no es de tan fácil aplicación como pudiera pensarse. La amplia literatura técnica sobre el tema muestra la dificultad de su correcta ejecución¹³. (Fig. 71). Las principales dificultades son:

- La fijación del angular debe ser sencilla y sólida pero sobre todo debe resolver el acuerdo entre las imprecisiones constructivas del forjado y la perfecta linealidad de los perfiles. Lo más aconsejable es recurrir a un perfil en U inserto en el canto del forjado en el que se fijarán los pernos de anclaje del perfil.
- Las irregularidades del forjado se salvarán con arandelas rectangulares interpuestas. Es importante que esas arandelas descendan hasta la parte inferior del perfil para asegurar que las compresiones se transmiten al canto del forjado y que el ala vertical del perfil no trabaja flectada. Debe preverse algún sistema para que la altura del perfil pueda ajustarse al replanteo de las hiladas de la obra vista. Unos agujeros colisos verticales pueden ser eficaces si se asegura la fricción entre perfil y perno.

¹³ PARISE, C. J. Shelf angle component considerations in cavity wall construction. Publicado en Masonry, Editor J. G. Borchet, ASTM STP 778

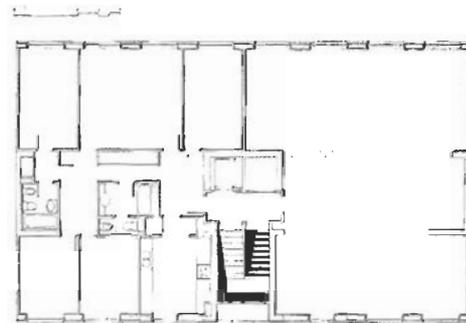


Fig. 67.—Planta de las viviendas en la Villa Olímpica

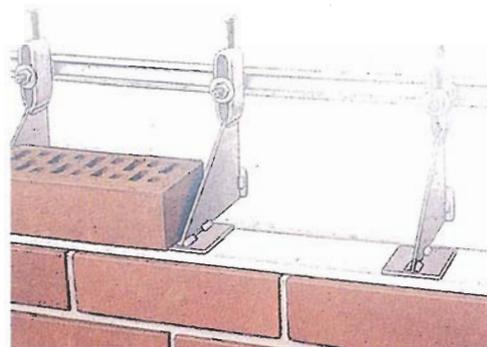


Fig. 68.—Sistema Halfen de apoyos individuales para cada ladrillo.

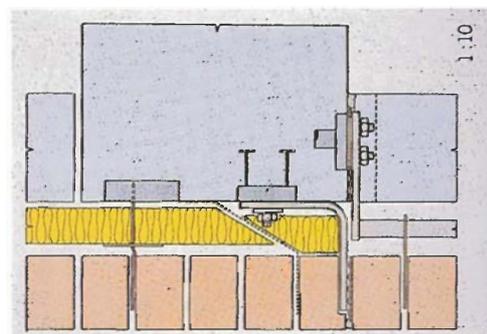


Fig. 69.—Apoyos sobre perfil continuo de acero inoxidable.

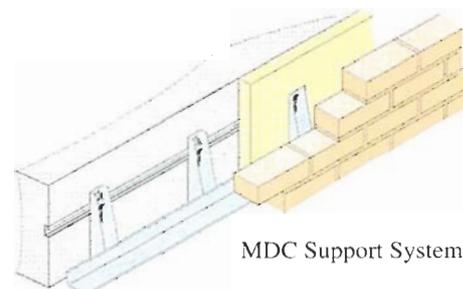


Fig. 70.—Axonométrica del apoyo de la hoja exterior sobre un perfil continuo de acero inoxidable, sistema Ancon.

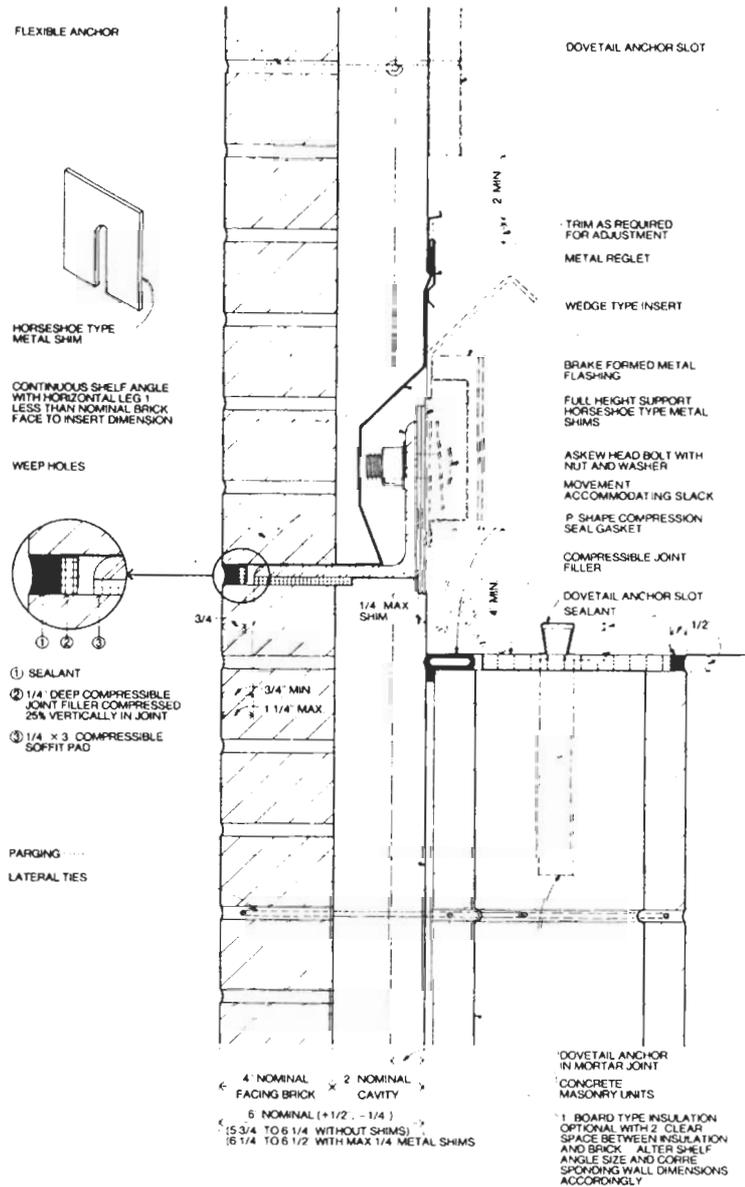


Fig. 71.-Detalle que ejemplifica el apoyo sobre perfil metálico, la nivelación del perfil y la disposición de la estanqueidad según las recomendaciones de C.J.Parise.

- El vuelo del angular debe ser muy preciso. No debe acercarse a menos de 2 cm del haz exterior de la fachada para permitir el sellado elástico de la junta y debe garantizar que el apoyo es suficiente, ofreciendo más de un tercio del grosor de la hoja exterior como superficie de contacto. Para un ladrillo de formato métrico y teniendo en cuenta la parte roma del angular, eso supone que el angular entra en la hoja exterior entre 8 y 9 cm.
- Es muy aconsejable disponer un babero de estanqueidad que conduzca las aguas hacia el exterior a la altura de cada apoyo. De esta manera se protegen los tornillos de fijación y se evita que el agua corra por el angular y se introduzca por las uniones entre perfiles mojando la pared interior. Esa lámina debe ser de un material muy maleable e inerte frente a los metales de la fijación. Al diseñar la junta debe pensarse que las cabezas de los tornillos no deben presionar sobre este babero. La evacuación suele hacerse por los huecos de las llagas que se dejan libres uno cada tres ladrillos en la hilada de apoyo.

Tercera solución: El recurso a piezas cerámicas especiales

Una solución alternativa al apoyo de la hoja exterior se basa en el recurso a un material de menor resistencia mecánica pero de baja conductividad térmica: la cerámica. El precedente histórico de los tabiques pluviales, la más tradicional y eficaz de las fachadas ventiladas, sugiere que el soporte de la hoja exterior puede hacerse con unos ladrillos que vuelen desde la estructura del edificio. Después de la experiencia de la Villa Olímpica diseñé un conjunto de piezas cerámicas que se comercializan bajo el nombre de "Fachada Mediterránea"¹⁵ (Fig. 72). Sobre algunas de esas piezas, las que resuelven el dintel, el alfeizar y el quicio de la hoja exterior, ya me he extendido anteriormente. Aquí haré sólo mención de la solución de apoyo de la hoja exterior.

Se basa esta solución en una pieza cerámica a la que llamamos "Imposta", pieza que se coloca en voladizo sobre el borde del forjado. (Fig. 73). La pieza mide 29 cm. La cola de 14 cm. se apoya en el forjado y sobre ella se apoya la hoja interior, en general de 14 cm. de ladrillo hueco doble. El vuelo de 15 cm se reparte en 9 cm de hoja exterior y 6 cm. de cámara. En la cámara puede alojarse el aislamiento de 2 ó 3 cm adosándolo a la hoja interior. (Fig. 74).

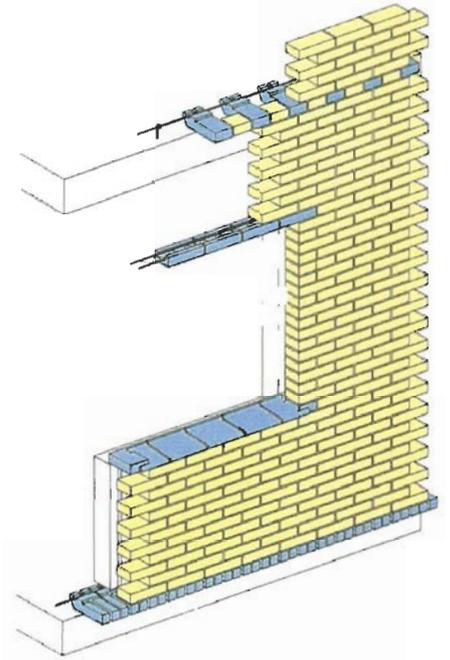


Fig. 72.-Axonometría general de la "Fachada Mediterránea".

¹⁵ La fabricación y comercialización de la fachada ventilada está encomendada a ALMAR, Ap. Correos 97 / 08190 San Cugat de Vallés (Barcelona). Tel. (93) 580 55 85 Fax. (93) 692 31 36

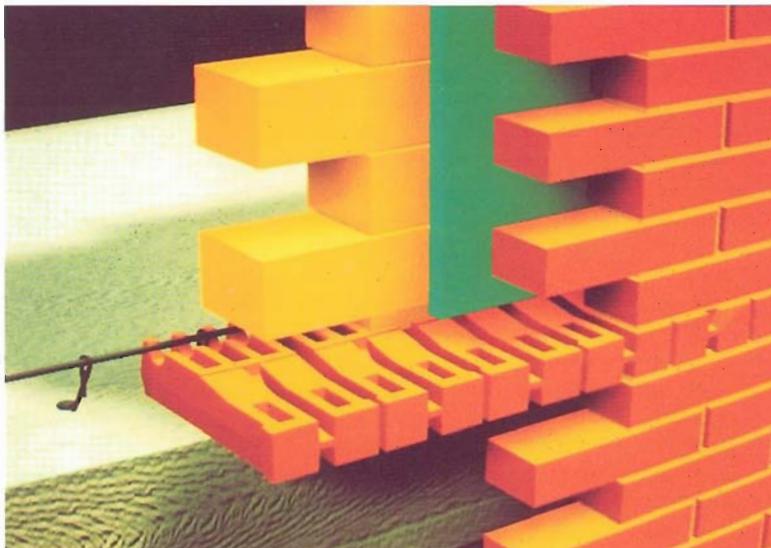


Fig. 73. La "imposta". Infografía del apoyo en el forjado

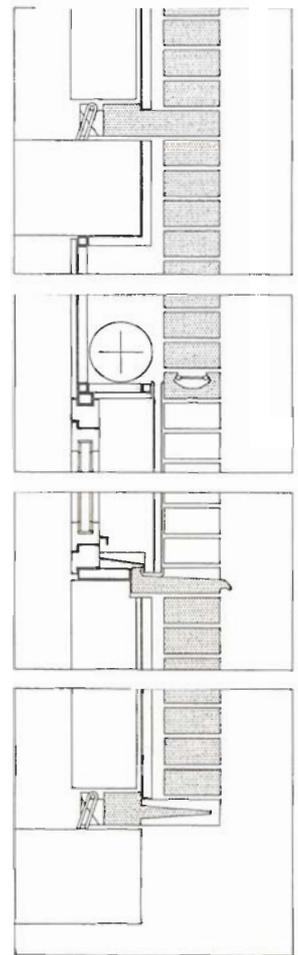


Fig. 74.-Sección del apoyo de la "Fachada Mediterránea".



Fig. 75.—Impostas de soporte y ventilación en la piscina de Ulefiá (Ll. Clotet e I. Paricio). Excepcionalmente el alfeizar enrasa con el tendel de impostas. Obsérvese el angular como premarco fijado a la hoja interior.



Fig. 76.—La fachada del Instituto de Vinaroz (V. Dualde). En el tendel de apoyo se alternan las "impostas" de ventilación y las ciegas.



Fig. 77.—La carpintería está enrasada con la cámara de aire y la persiana enrollable cae sobre el alfeizar. El quicio cierra la relación entre la hoja exterior, la carpintería y el alfeizar.

El vuelco de la hoja exterior, sobre todo bajo los huecos se evita anclándola en el forjado con una fijaciones de acero inoxidable. Un redondo del mismo material corre por encima del conjunto de impostas asegurando su comportamiento solidario. (Fig. 73).

Las piezas se fabrican por moldeo y se ensayan una a una para garantizar que soportan 300 kg. de carga vertical en punta en situación similar a la de trabajo. Los ensayos de laboratorio han ofrecido una resistencia media de 600 kg.

Las piezas tienen unas formas que facilitan su perfecto comportamiento. En la zona que atraviesa la cámara la superficie superior presenta una suave pendiente hacia el exterior. En la zona coincidente con la hoja exterior unos huecos aseguran la ventilación de las cámaras inferior y superior. (Fig. 75).

Con esta solución se han construido hasta esta fecha (Abril de 1995) tres edificios entre los cuales está el Instituto de Vinaroz, de Vicente Dualde con el que se ilustran estas páginas. Ambas hojas, interior y exterior, son de obra vista y la carpintería está situada en el plano de la cámara de aire. (Fig. 76 y 77).

3. EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO CON LA FACHADA VENTILADA

3.1. Las plantas

Para proyectar un edificio con fachada ventilada deberán tenerse en cuenta los siguientes puntos:

El grosor de la fachada. Para mantener el grueso total dentro de los espesores convencionales será necesario tomar una primera decisión: cual será el grosor de la hoja exterior. Si este se reduce a 9 o 10 cm podrá llevarse a 15 cm el grueso de la hoja interior mejorando las condiciones de inercia térmica, estanqueidad al aire y capacidad para alojamiento del paso de instalaciones.

Tomada esta decisión habrá quedado determinada la posición relativa del borde del forjado respecto al haz exterior de la fachada. Efectivamente, el borde de forjado debe enrasar con la hoja interior. Si se ha adoptado la sección propuesta, hoja exterior, cámara y aislamiento sumarán unos 15 cm. y el forjado quedará a esa distancia de la cara exterior de la fachada. También la posición de los pilares de fachada estará prácticamente establecida, pues su cara exterior debe coincidir con el canto del forjado si no deseamos complicar la disposición del aislamiento térmico situándolos más hacia afuera. Si se disponen más hacia el interior serán más aparentes en los espacios interiores.

Evidentemente si la solución de apoyo es la de "modificación del borde del forjado" respecto al plano establecido en el punto anterior volará el elemento de soporte de la hoja exterior. En el caso de la "Fachada Mediterránea" deberá tenerse en cuenta que las impostas se apoyan en la cara superior del forjado ocupando una banda de 15 cm de ancho. Será razonable colocar los pilares hacia el interior de dicha banda. Si los pilares no son muy gruesos podrán suprimirse esas impostas "saltando" la hoja exterior de uno a otro lado del pilar. Si la distancia entre impostas, es decir si el grueso del pilar, medido paralelamente a la fachada, es excesivo, más allá de los 45 cm convendrá disponer los pilares metidos 15 cm. para respetar la banda indicada. Los pilares de esquina obligan a esta solución.

Con la sección adoptada al principio de este punto la caja de persianas dispondrá de unos 20 cm. para alojar el bombo. Si es necesario un espacio mayor podrá asomarse hacia el interior la caja o sustituir-

se la hoja exterior por un elemento más delgado en el espacio correspondiente a dicha caja (La clásica L prefabricada de hormigón o un elemento de chapa).

Para conseguir una fachada por debajo de los 30 cm. puede proyectarse una hoja interior de 10 cm. e, incluso, reducirse la hoja exterior recurriendo a técnicas de tabicado de las que hablaremos más adelante.

3.2. Los huecos

Como hemos indicado en el punto 2.1, una decisión importante en la fachada ventilada es la que afecta a la localización del plano que ocupará la carpintería en la sección. Recomendábamos la disposición en el plano de la cámara porque es la más correcta desde el punto de vista del aislamiento térmico y la que más simplifica el diseño del telar. En esta disposición la hoja exterior puede limitar con el hueco dejando visto el tizón de sus piezas sin necesidad de ninguna protección. La hoja interior estará revestida por el mismo material de acabado interior.

El premarco se alojará en el hueco de la cámara. Si no es así deberá preverse algún retorno de material aislante, es decir que aparecerá un telar, normalmente del mismo material que la carpintería.

También puede resolverse este problema colocando un telar metálico que funcione como premarco y forme a la vez dintel, jambas y alféizar.

Esta solución es muy común en los edificios con fachada ventilada y hoja exterior de piedra colgada con fijaciones. En el caso de la Illa Diagonal de Barcelona (R. Moneo y M. Sola Morales el telar es de acero inoxidable y llega hasta el plano exterior del aplacado de travertino). (Fig. 78). En un proyecto de viviendas en Solsona estamos combinando el apoyo de la Fachada Mediterránea con un premarco-telar de acero galvanizado. (Fig. 79).

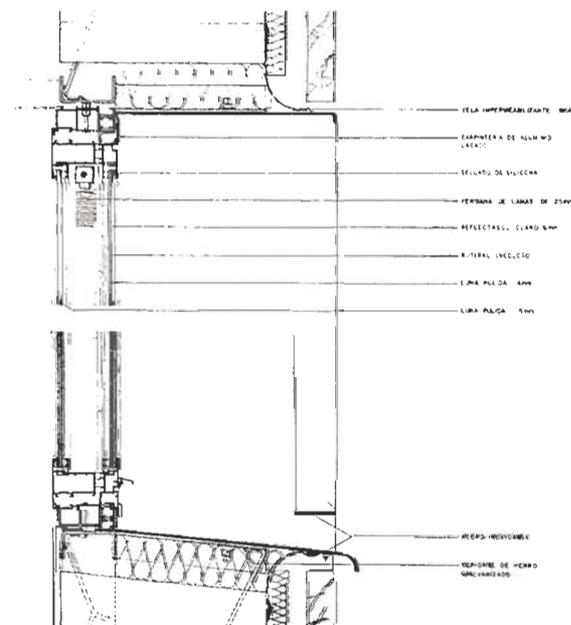


Fig. 78.—Telar de acero inoxidable en la Illa Diagonal R. Moneo -M. Solá-Morales.

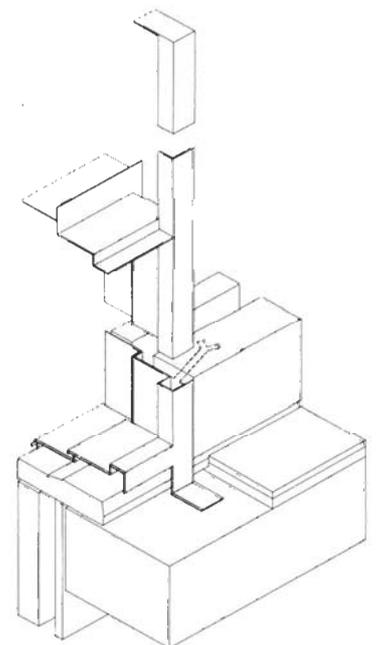
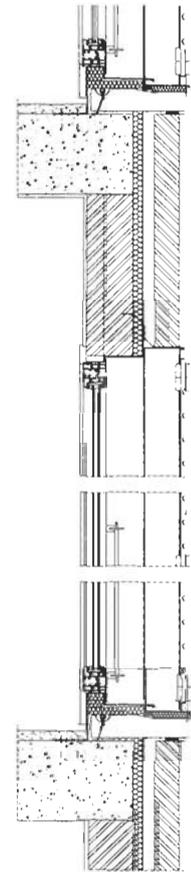


Fig. 79.—Premarco-telar de acero galvanizado que forma jambas, dintel y alféizar de huecos en un proyecto de viviendas en Solsona (Ll. Clotet e I. Paricio).



Fig. 81.-Los tradicionales mainels permiten soportar la hoja exterior sin romper la imagen de la ventana apaisada.

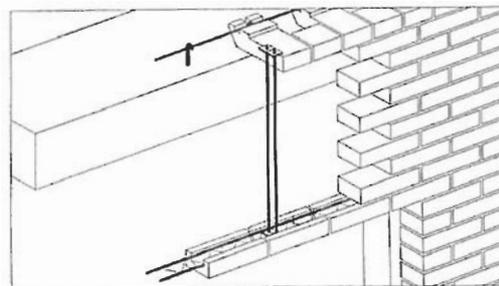
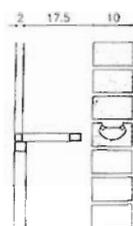


Fig. 80.-Detalle del sistema de suspensión del dintel continuo en la "Fachada Mediterránea".

La ventana apaisada

Las dimensiones máximas de los huecos suelen estar limitadas por la capacidad portante de los dinteles salvo en el caso de la Fachada Mediterránea que tiene previsto un sistema para colgar los dinteles de las impostas permitiendo una ventana corrida a todo lo largo de la fachada (Fig. 80). Si se utilizan dinteles armados en los tendeles debe consultarse las tablas publicadas por Hispalylt¹⁶.

No debe olvidarse una solución tradicional para abrir huecos horizontales en fachadas portantes: el mainel. Un gran hueco apaisado puede cubrirse con una sucesión de pequeños dinteles apoyados en pilarcillos. La imagen horizontal esta asegurada y sin embargo la transmisión vertical de las cargas se hace a través del hueco sin nignun problema¹⁷ (Fig. 81).

Los Balcones

Los balcones suponen un vuelo de forjado en franca contradicción con el principio de continuidad de la envolvente de aislamiento térmico. En algunos países se propugnan soluciones de protección, por debajo y por encima de la losa del balcón, para hacer más largo el recorrido de las pérdidas térmicas a través del hormigón (Fig. 82). Parecen preferibles otras soluciones más radicales como la formación de una estructura independiente, unas "orejas" en los extremos del balcón que llevan su carga hasta la cimentación.

La solución más razonable es una variante del apoyo metálico de la hoja exterior que consiste en anclar en el borde del forjado unas pletinas verticales de acero inoxidable que vuelan a través de toda la fachada y reciben la carga de unas losetas de hormigón o unas placas metálicas que se apoyan sobre ellas una vez atravesada la fachada (Fig. 83).

3.3. La composición general del alzado

La fachada ventilada tiene unas particularidades constructivas que sugieren algunos criterios compositivos:

El primero es el carácter autoportante de la hoja exterior. La delgada lámina de albañilería soporta su propio peso en alturas que pueden ir de una planta a tres. Por lo tanto la proporción de huecos y macizos deberá tener en cuenta ese papel tectónico. Los macizos estrechos entre ventanas o las ventanas apaisadas serán posibles pero poco aconsejables.

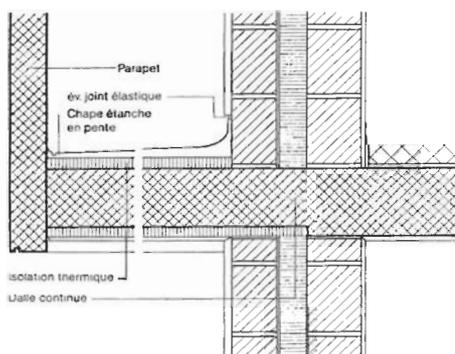


Fig. 82.-Losa de balcón con protección térmica superior e inferior.

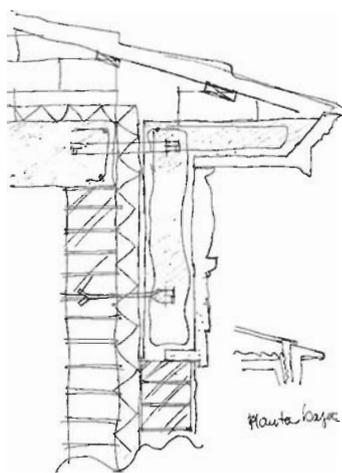


Fig. 83.-El vuelo de la cornisa del Chalet Carulla está soportado por fijaciones de acero inoxidable en la hoja interior y la estructura (I. Paricio, O. Tusquets, Dibujo E. Mannino).

¹⁶ Véase "El muro de ladrillo", Hispalylt 1992

¹⁷ Véase I. Paricio, "Mainel", Arquitectura Viva, n.º 32 (Septiembre-Octubre 1993)

El segundo es el sistema de apoyo. Si se apoya la hoja exterior en cada forjado será razonable cierta expresión de la composición horizontal. Esta expresión será evidente si se usan piezas especiales que ocultan el borde de forjado modificado e, incluso, si se usa una pieza cerámica especial del tipo de la "Fachada Mediterránea". Los perfiles metálicos pueden ser menos aparentes aunque siempre aparecerá un tendel de mayor grosor en la junta donde se aloja el ala del perfil portante. Un ejemplo de expresión de las limitaciones y sugerencias de la fachada ventilada en el conjunto de viviendas de Roosevelt Island de Sert, Jackson y asociados (Fig. 84 y 85).

Los desplazamiento relativos de las hojas

La independencia de las dos hojas que forman la fachada ventilada sugiere una composición que exprese esa independencia y potencie sus posibilidades arquitectónicas. Un recurso muy habitual es que la hoja exterior forme unos huecos algo más reducidos de tamaño que la hoja interior, con lo que podrán ocultarse a voluntad los grosores de las carpinterías. (Fig. 86).

También puede fingirse la solución opuesta: que el hueco en la hoja exterior es mayor que en la interior. En realidad eso no es posible puesto que de alguna forma la cámara y el aislamiento deben protegerse. Lo que sí es posible es utilizar una hoja exterior mucho más delgada que quede muy rehundida respecto al haz exterior de la hoja normal.

He utilizado esta solución dos veces y por diferentes motivos. La primera fue en una vivienda proyectada con Oscar Tusquets y construida en Premiá de Mar. La disposición de las rejas/persianas como correderas exteriores fue posible gracias a la colocación sobre la hoja interior de unas placas de vidrio espumado sobre las que luego se ten-

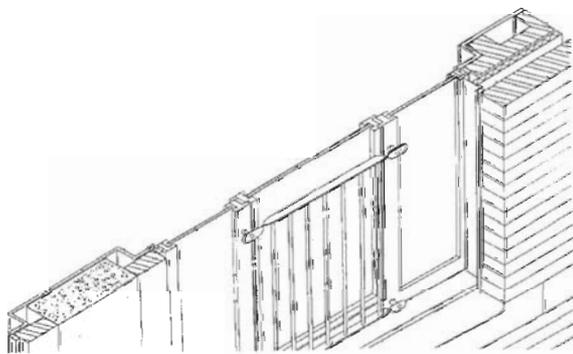


Fig. 86.-La hoja exterior oculta la carpintería en las jambas de las viviendas de la Villa Olímpica.

dió un estuco en caliente. El grosor ganado permitió colocar no sólo las correderas descritas sino también unos pilares de bronce a modo de maineles que sostenían la pesada cornisa superior (Fig. 87 y 88).

La solución descrita no es aconsejable para su uso general porque supone la desaparición de la cámara de aire. En la Villa Olímpica de Barcelona con Lluís Clotet, nos planteamos una solución más correcta. El problema se planteó entre el aventanamiento de la fachada, con huecos siempre del mismo tamaño que no queríamos subordinar a la organización interior y el tamaño de algunos locales, que, sobre todo en los edificios torre, no admitían tantos huecos o de tan gran tamaño. La estricta composición de la fachada imponía pues a los espacios

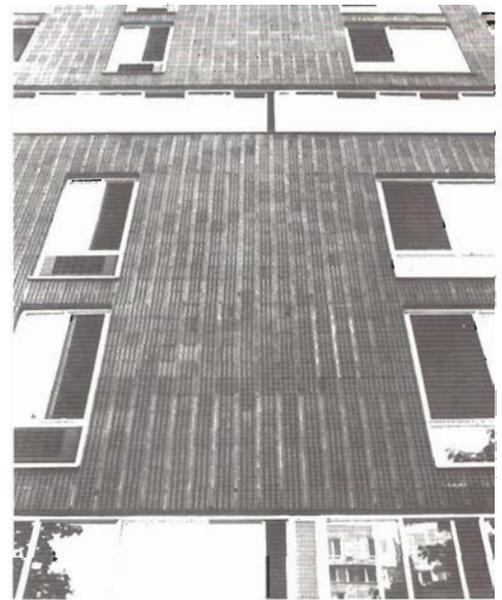


Fig. 84.-La fachada del edificio de viviendas de Roosevelt Island de J. L. Sert tiene una composición horizontal marcada por el pasillo de acceso a las viviendas que subraya el sistema constructivo de apoyo en un vuelo de perfil de acero.

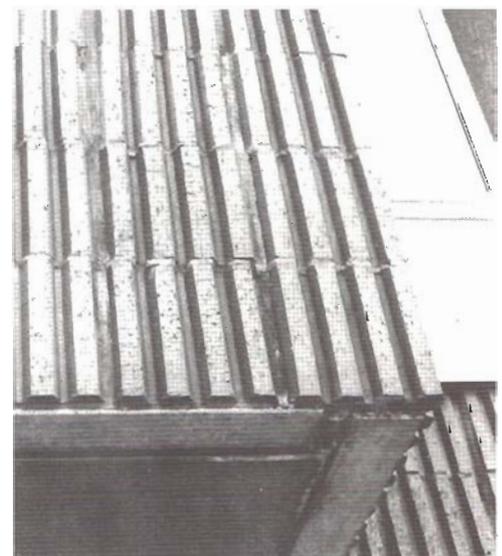


Fig. 85.-El perfil de apoyo en el soíto de la planta baja.

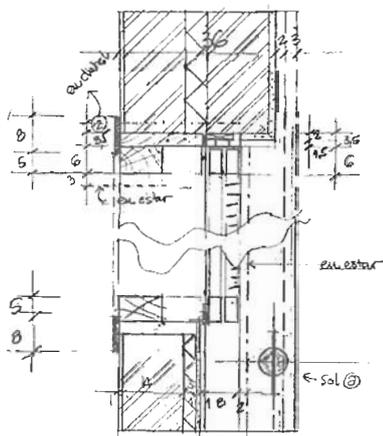


Fig. 87.-Detalle de la fachada del Chalet Carulla

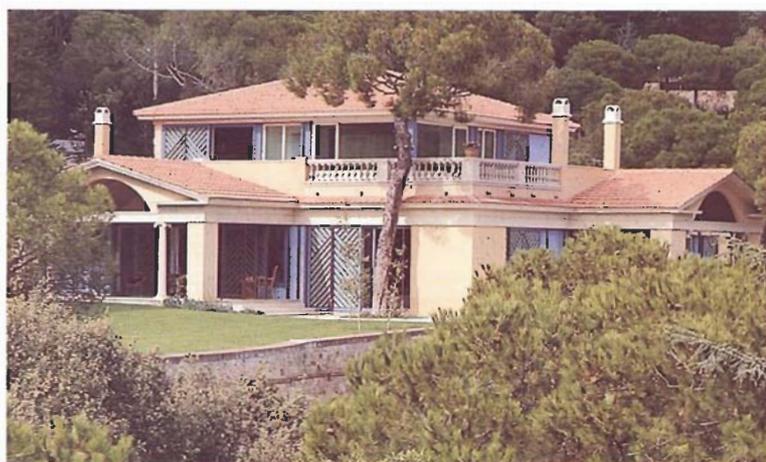


Fig. 88.-Vista general del Chalet Carulla.



Fig. 89.-Las ventanas de la Villa Olímpica tienen carpinterías de tamaños diversos dentro de un hueco o tipo de la hoja exterior (L. Clotet, I. Paricio).

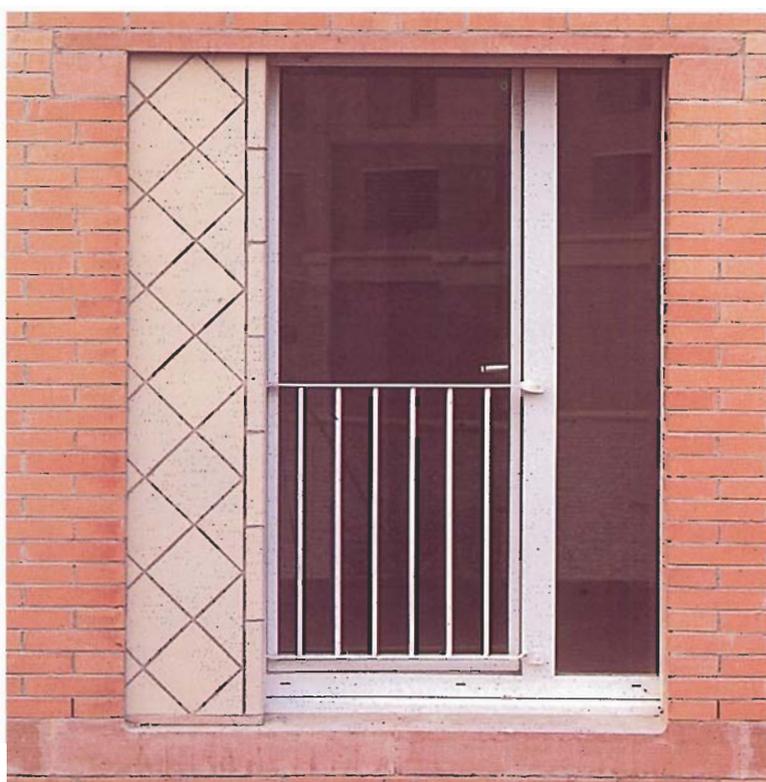


Fig. 91.-La ventana reducida por un pequeño tabique aplacado con gres

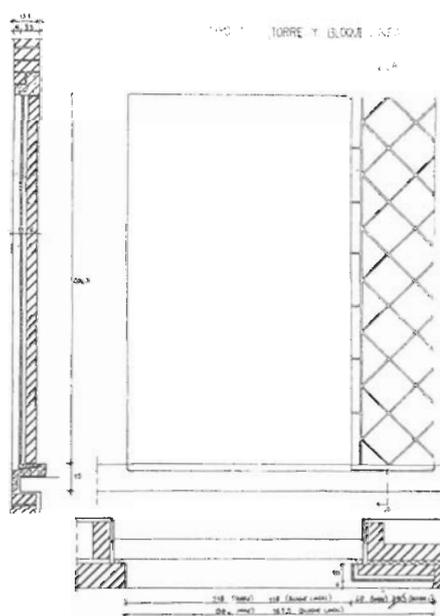


Fig. 90.-Detalle del tabique que sustituye a la hoja exterior para reducir la carpintería.

interiores unos huecos inadecuados. Por ello diseñamos un elemento de tabiquería a modo de cortina de obra que cierra parte o todo el hueco ocupando un mínimo espesor y enmarcándose dentro de los elementos de piedra artificial anteriormente descritos. (Fig. 89, 90 y 91).

A partir del plano de la carpintería puede verse pues o el medio pie de la hoja exterior, o el esbelto tabique forrado de gres o la capa exterior de piedra blanca que completa la composición de la fachada principal. Todo ello formando una delicada yuxtaposición de delgadas capas que enriquece las posibilidades expresivas del elemento constructivo.

¿Hacia una hoja exterior más ligera?

La hoja exterior solo tiene como misión cerrar la cámara y dibujar la imagen del edificio. Por ello, y por los problemas de soporte de esa hoja más allá de la cámara de aire, es razonable pensar en la evolución de esa lámina hacia soluciones cada vez más esbeltas y ligeras. Bloques cerámicos huecos de fácil puesta en obra como el diseñado para las viviendas de Reus de O. Tusquets y C. Díaz, o tabicados ligeros, son las soluciones que deben competir con ventaja económica y constructiva con las piedras y placas metálicas de las soluciones de hoja exterior ligera. (Fig. 92 y 93).

El tabicado ha sido utilizado casi siempre como una obra provisional, algo que protege una medianera a la espera de que se levante la obra vecina. Pero entre las escasas fachadas nobles resueltas con un tabique visto vale la pena recordar una obra menor del más genial de nuestros arquitectos: Antonio Gaudí. (Fig. 94). Que ello sirva para azuzar nuestra imaginación y reforzar nuestra confianza en las posibilidades expresivas de la innovación constructiva.

Este trabajo ha sido patrocinado por Hispalyt y el Colegio Oficial de Arquitectos de Aragón, coordinado por D. Francisco Alós.



Fig. 92.—Premarcos de madera sobre la hoja interior en las viviendas de Reus (C. Díaz, O. Tusquets).

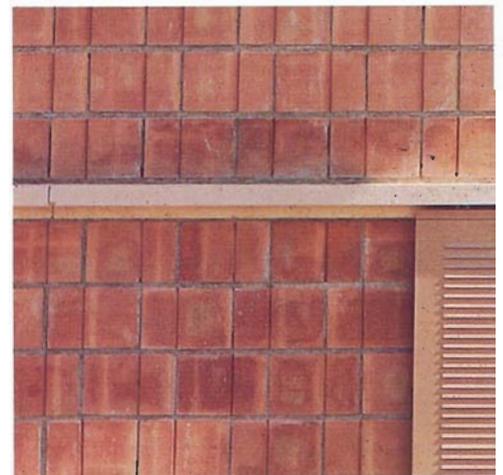


Fig. 93.—La hoja exterior de bloques cerámicos de las viviendas de Reus.

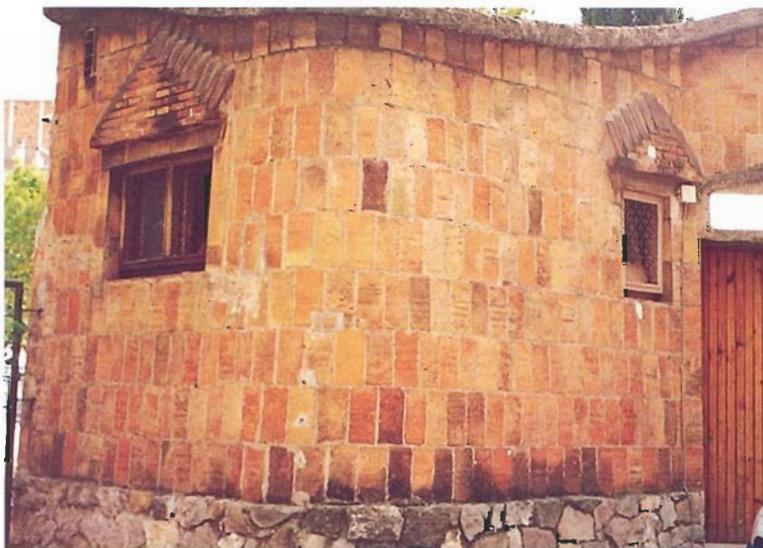


Fig. 94.—Fachada de tabique, en unas construcciones anexas a la Sagrada Familia.