Universitat Politècnica de Catalunya

MÁSTER OFICIAL_ Tecnología de la Arquitectura
LÍNEA_ Construcción e Innovación Tecnológica

→ TESINA FINAL DE MÁSTER

La interfase hueco-macizo en fachadas ventiladas de hoja interior ligera

ALUMNO_ Carlos MIQUEL ZURITA
DIRECTOR DE TESINA_ Joan-Lluís Zamora i Mestre
FECHA_ septiembre 2011

Agradecimientos:

En la realización de esta tesina de final de máster han sido de gran ayuda la colaboración y las sugerencias desinteresadas de las siguientes personas:

Sílvia Pons Juanpere, arquitecta
Xavier Ferrés Padró, arquitecto
Joan-Lluís Zamora i Mestre, doctor arquitecto i catedrático.

A todos ellos mi agradecimiento más sincero.

Indice

1. Introducción
   1.1. OBJETIVO
   1.2. ANTECEDENTES: BREVE DESCRIPCIÓN EVOLUTIVA DE LA FACHADA EN LOS ÚLTIMOS 40 AÑOS
   1.3. CONDICIONES DE ENTORNO
   1.4. PROCESO DE OBRA

2. Parte Analítico-Descriptiva
   2.1. EXIGENCIAS
      2.1.1. Prestaciones vs requerimientos.
      2.1.2. CTE vs normas UNE
      2.1.3. Análisis comparado de las prestaciones que concurren actualmente en la fachada ventilada y en la ventana, y que pueden ser relevantes en la interfase entre ambas.
      2.1.4. Exigencias que concurren actualmente en la interfase ventana-fachada
         2.1.4.1. Prestaciones
         2.1.4.2. Requerimientos
      2.1.5. Exigencias que concurren actualmente en el premarco, y que pueden ser relevantes en su acuerdo con la fachada ventilada.
      2.1.6. Exigencias que concurren actualmente en el sellado, y que pueden ser relevantes en su acuerdo con la fachada ventilada.

   2.2. BENCHMARKING
      2.2.1. Soluciones técnicas identificadas en el mercado, orientadas a resolver adecuadamente el acuerdo entre fachadas ventiladas y oberturas.
         2.2.1.1. Sistemas de fachada
            2.2.1.1.1. Sistemas de fachada ventilada de hoja interior ligera
            2.2.1.1.2. Sistemas de fachada no ventilada de hoja interior ligera
            2.2.1.1.3. Sistemas de hoja exterior de fachada ventilada
            2.2.1.1.4. Valoración crítica de los referentes obtenidos.
         2.2.1.2. Componentes autónomos
            2.2.1.2.1. Premarcos
            2.2.1.2.2. Carpinterías
            2.2.1.2.3. Persianas
            2.2.1.2.4. Sellado

   2.3. CAMPAÑA DE CAMPO
      2.3.1. Muestra de proyectos de arquitectura en los que se aborda esta problemática.
      2.3.2. Muestra de nuevas obras de arquitectura en las que se aborda esta problemática.

   2.4. ANÁLISIS VALORATIVO COMO CONCLUSIÓN DE PARTE 2

3. Parte Propositiva
   3.1. ASPECTOS DE MEJORA A NIVEL DE EXIGENCIAS

3.2. PRESENTACIÓN DE DIVERSAS ALTERNATIVAS DE PERFIL DE PRODUCTO (TAXONOMÍA)

4. Comentario final

5. Anexos
   5.1. Fuentes de consulta
   5.2. Tabla de requisitos básicos, prestaciones exigidas por el CTE y características técnicas armonizadas de la ventana
   5.3. Valores máximos de transmitancia térmica de la envolvente del edificio
   5.4. Sellado
   5.5. Fichas de los diferentes proyectos analizados en el estudio tipológico de las aberturas, extraídos de "CAT - Concurs Assistència Tècnica vol.9, 2009"

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivo

En el marco de las denominadas fachadas ventiladas, diversas empresas han estado desarrollando, en los últimos años, soluciones integrales de fachada a partir de elementos industrializados (construcción seca), para implantar en nuestro país. Por citar algunos ejemplos, estaríamos hablando de Knauf (*Aquapanel*®), Ulma (*Cerramiento de Fachadas*) o Europerfil (*Eurohabitat*®), entre otras.

Para la correcta implementación de este producto en el sector de la edificación se necesita no tan solo una adecuada ingeniería de producto propia que dé satisfacción en calidad y precio, tanto a las exigencias legales (CTE en este caso) como a las no formales (precio, facilidad de reparación, facilidad de manipulación, etc.), sino también una adecuada interacción con el resto de tecnologías presentes en la obra, como son:

- la estructura
- el resto de cerramientos (cubiertas, trasdosados, interiores)
- las instalaciones y servicios
- los revestimientos definitivos a aplicar
- las aberturas de la propia fachada

En este último aspecto se constata que la industria de la ventana en España no tiene, por lo general, prevista adecuadamente la unión perimetral con las nuevas fachadas ventiladas.

Esta tesina pretende arrojar luz sobre este tema, analizando detalladamente y desde varias ópticas, la situación actual de esta unión perimetral (o **interfase hueco-macizo**, como nos referiremos a ella en este trabajo).

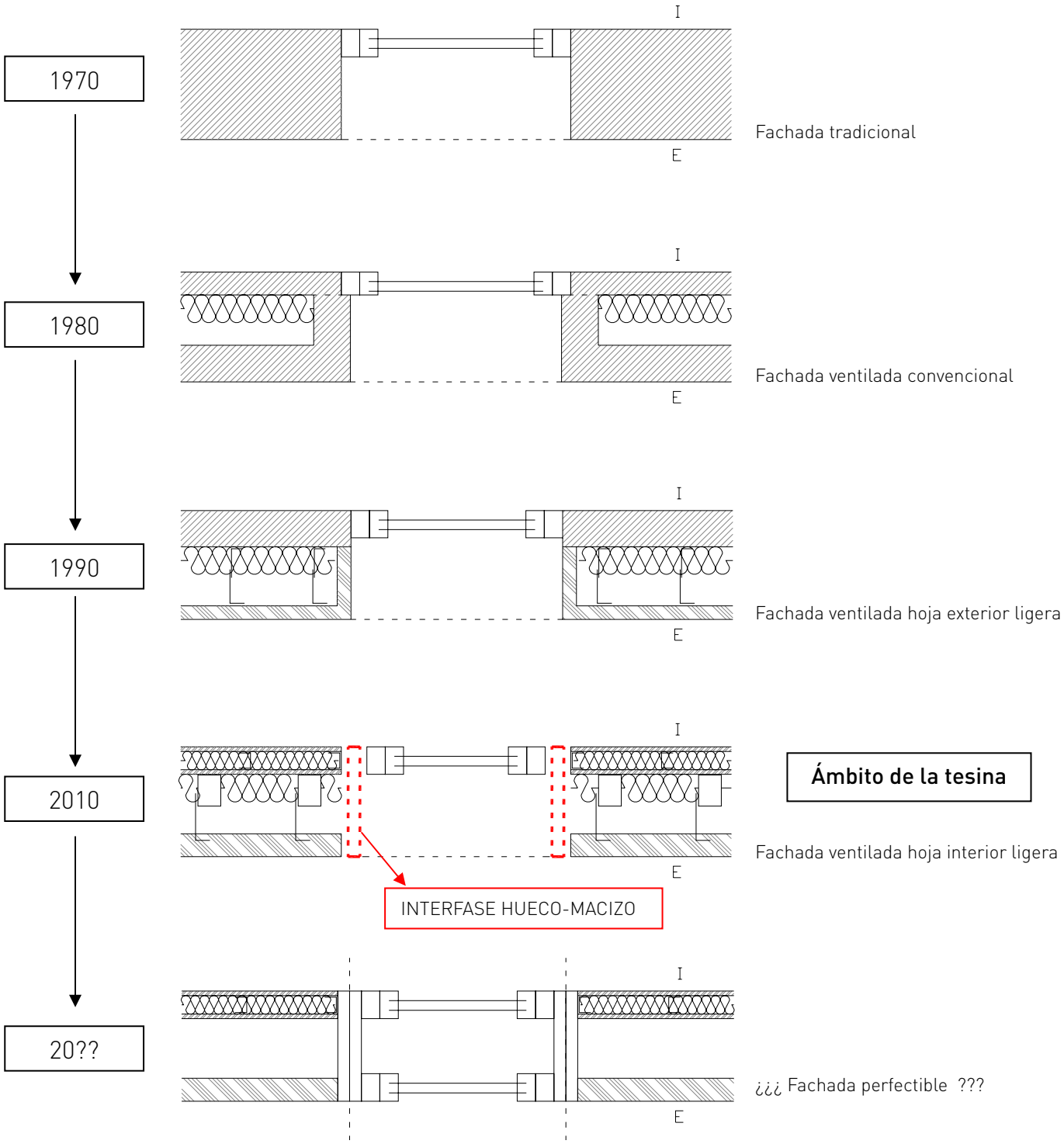
En primer lugar haremos una breve introducción para fijar el tema de estudio, donde describiremos brevemente el concepto de fachada ventilada de hoja interior ligera y la contextualizaremos dentro de la evolución histórico-constructiva de la fachada. También comentaremos algún aspecto de proceso de obra, en cuanto que nuevas técnicas constructivas llevan implícitas maneras diferentes de construir un edificio.

A continuación, en la parte descriptiva del trabajo, analizaremos cuáles son los requerimientos formales e informales que dicha interfase tiene que cumplir. Para ello habrá que relacionar el marco normativo vigente que afecta de manera general a fachadas y ventanas con la especifidad de la interfase.

Veremos qué nos está ofreciendo actualmente la industria, tanto a nivel de solución integral en el campo de las fachadas ventiladas ligeras como a nivel de componentes específicos. También será importante poder estudiar diversos proyectos y obras construidas, con objeto de salir del catálogo industrial y conocer obra real.

Una vez hayamos realizado esta panorámica sobre el estado de la cuestión pretendemos incluir una breve aportación final, planteando alguna estrategia de perfil de producto que mejore los productos existentes en al actualidad, con objeto de abrir nuevas vías de investigación.

1.2. Antecedentes: breve descripción evolutiva de la fachada en los últimos 40 años

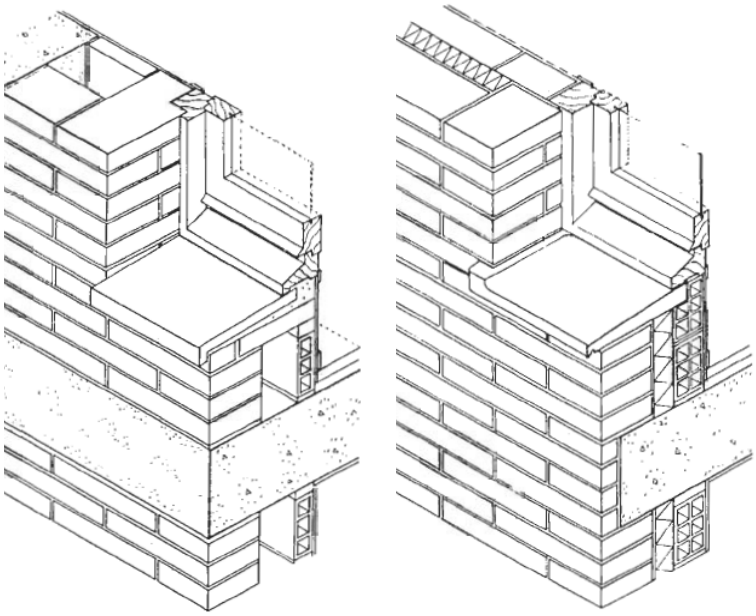


Para ir entrando en tema creemos oportuno hacer alguna reflexión conceptual sobre la fachada ventilada. No pretendemos aquí definirla ni enumerar todas sus características. Para ello existen ya suficientes publicaciones. Pero sí que consideramos importante recordar alguno de sus rasgos definitorios, que no hay que olvidar para afrontar el tema que

nos ocupa. En cursiva citamos textualmente a C. Pardal e I. Paricio[1]:

- *La hoja exterior debe poder moverse libremente. Por tanto su relación con la hoja interior debe diseñarse para permitir dicho movimiento*. Este relación es especialmente delicada en el hueco, donde ambas hojas quedan interrumpidas. La interfase debe garantizar esta independencia entre hojas.
- *La cámara de aire garantiza la estanqueidad* frente al agua. Esto es debido a que es más fácil dejar que el agua atraviese al hoja exterior de la fachada, penetrando en la cámara de manera controlada, para poder drenarla que intentar construir una piel totalmente estanca. Por tanto, *las relaciones entre hojas, y entre éstas y el hueco deben garantizar la continuidad de esa protección*.
- Ha de garantizarse la continuidad del aislamiento térmico en toda la fachada, por la cara exterior de la hoja interior, incluyendo cantos de forjado y relación con huecos, para evitar puentes térmicos. La cámara colabora al confort térmico evacuando por convección los aportes solares estivales.

Inicialmente la fachada ventilada se componía de dos hojas cerámicas con una cámara intermedia. La solución constructiva fue evolucionando a medida que se introducían pequeñas mejoras, relacionadas con la separación de las dos hojas, la colocación de aislamiento térmico, el drenaje de la humedad de la cámara..., hasta llegar a la hoja exterior colgada, que permitió la continuidad de la cámara y de la envolvente térmica.



Imágenes de la tesis doctoral de J.M González Barroso

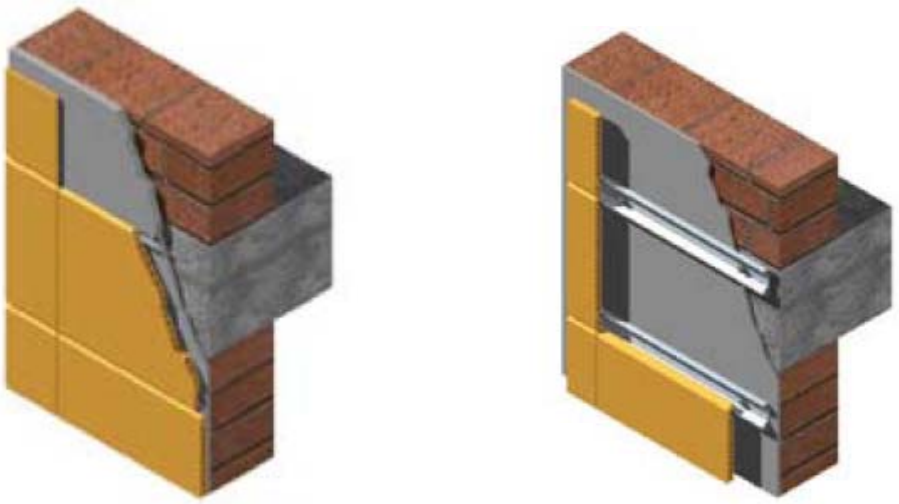
Imagen del colapso de una fachada cerámica de doble hoja. Foto de F. Mañá

Sin embargo, este sistema constructivo, que, no por muy utilizado ha de considerarse correcto, presenta algunas deficiencias de difícil solución En especial las derivadas de la incompatibilidad entre sistemas estructurales no demasiado rígidos (forjados de hormigón) y cerramientos extremadamente rígidos (paredes de ladrillo. Como muestra incluimos la imagen superior de una fachada colapsada de un famoso edificio de la Barcelona olímpica.

Entonces se empezaron a utilizar materiales mucho más ligeros (o igual de pesados pero mucho más delgados) como hoja exterior: aplacado de piedra, chapa metálica, madera o derivados, plásticos, etc, fijados puntualmente a la hoja interior cerámica o bien colgados de una subestructura o entramado metálico anclado a la estructura portante del edificio. Esta

[1] *La fachada ventilada y ligera*, de C. Pardal e I. Paricio (datos bibliográficos en la bibliografía).

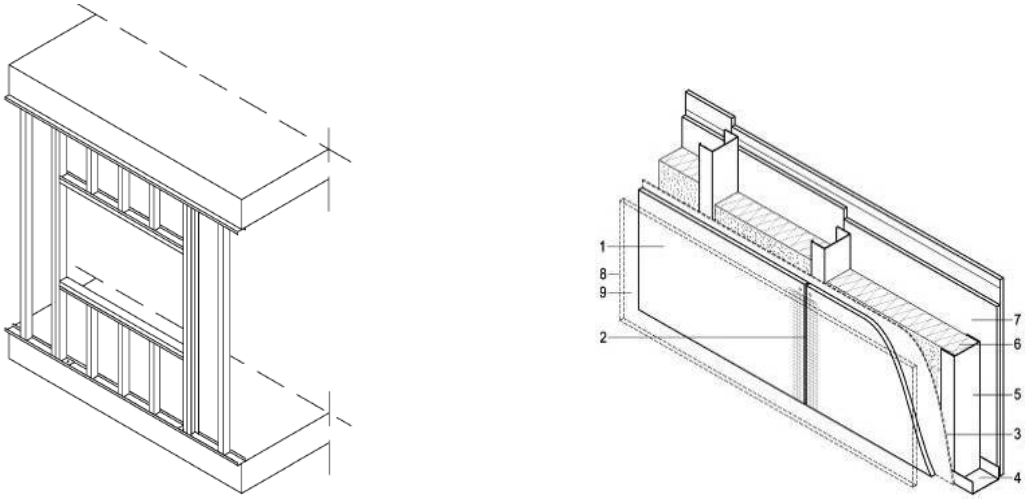
opción permitió incrementar enormemente las posibilidades compositivas de la fachada, tanto a nivel de despiece y textura como en la forma y tamaño de los huecos.



Aplacado cerámico exterior de fachada, modelo Bersal, de *Faveton*

El siguiente paso tenía que ser, pues, el aligeramiento de la hoja interior. Ello ha supuesto, probablemente, el salto más importante, hasta ahora, en la evolución de la fachada ventilada en nuestro país. Hasta ahora siempre había habido, ya fuera en una o en dos hojas, una hoja cerámica de espesor más o menos grande, que aseguraba el soporte a los demás elementos de fachada, así como la estanqueidad y una cierta protección acústica y al fuego sólo gracias a su espesor. Al llegar a las ventanas, esta hoja cerámica giraba y garantizaba esas mismas prestaciones (evidentemente junto con unos materiales de sellado).

Ahora, desde el momento en que la hoja interior se convierte en una suma de materiales ligeros y de poco espesor, todo cambia. Hemos pasado a un sumatorio de capas superpuestas donde cada una de ellas cumple con una función determinada. Se trata de la especialización de los elementos de fachada. Hemos pasado de una construcción continua a una construcción por sistemas.



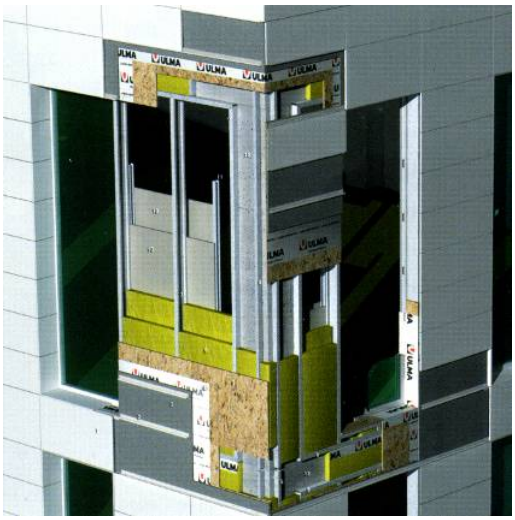
Sistema W384 de Knauf Aquapanel

Aunque existen diversas variantes, por lo general la hoja interior ligera nace a partir del tabique de yeso laminado con subestructura metálica (para entendernos, el tabique de Pladur). Dicha subestructura conforma un entramado con montantes y travesaños, que servirá como soporte para las diversas láminas que se añadirán. Los intersticios del entramado se rellenan con material aislante (habitualmente lana de roca) para garantizar el

confort térmico y, dependiendo de su densidad, colaborar también en la protección acústica. Por la cara interior encontraremos dos placas de yeso laminado, que cierran la fachada y sirven de acabado. Por el lado exterior del entramado una lámina impermeable, junto con una placa de derivados cementosos conforman la barrera impermeable para la humedad que hubiera podido traspasar la cámara de aire exterior.

Existen algunos sistemas de fachada industrializada en que aparece una hoja intermedia, que añade más capas para asegurar el comportamiento adecuado de la fachada. Suele ser de chapa metálica perfilada (formando sandwich o no) o de panel rígido de aislamiento térmico.

Como veremos más adelante, todos los sistemas estudiados garantizan, en principio, un comportamiento óptimo de la fachada en su tramo macizo. Sin embargo, ¿qué pasa al llegar al hueco? Ahora ya no existe una hoja cerámica que con su solo giro en el perímetro de las ventanas solucione de un plumazo la mayoría de problemas. Aquí es cuando empiezan a aparecer las incertidumbres: ¿dónde y cómo soportamos la ventana?; ¿la colocamos antes o después de la fachada?; ¿cómo gira la fachada al llegar al hueco?; ¿cómo evitamos que el agua llegue al interior del edificio?; ¿seremos capaces de garantizar la continuidad de las envolventes térmica y acústica?; ¿dónde colocamos la persiana?... Y así van surgiendo dudas sobre el comportamiento de la fachada allá donde pierde su continuidad.



Sistema Cerramiento de fachada de Ulma

Son estas las cuestiones que trataremos de analizar en esta tesina.

1.3. Condiciones de entorno

En este apartado vamos a poner sobre la mesa aquellos aspectos del entorno que, no siendo estrictamente parte inherente de la fachada ventilada desde el punto de vista técnico, influyen directamente en el tema que se está tratando.

1.3.1. Desde la arquitectura

Aunque técnicamente es posible colocar la carpintería en cualquier posición del grueso de la fachada, son contadísimas las ocasiones en que no se dispone enrasada por la cara

interior[2]. De hecho, más adelante en esta tesina comprobaremos cómo la totalidad de los proyectos de vivienda estudiados en la campaña de campo optan por esta opción.

Las ventajas que ofrece esta solución son obvias:

- Mayor protección de la carpintería de los efectos de la radiación solar y de la lluvia.
- Efecto visera del grueso de la fachada, que reduce el efecto invernadero en el interior.
- Posibilidad de abrir las ventanas 180 º.

En cambio, el mayor inconveniente detectado es la discontinuidad de la estructura laminar de la fachada. Habrá que idear la manera como la envolvente térmica pueda girar para evitar su discontinuidad. En cualquier caso siempre será una solución un tanto forzada, como iremos viendo es esta tesina.

Por otro lado, la proporción de aberturas en relación con el tramo opaco es cada vez mayor. Ello debería conllevar una mayor calidad en todo lo concerniente a las ventanas y a su relación con la fachada.

1.3.2. Desde la industria

Aunque la construcción sea considerada el hermano pobre de la tecnología, poco a poco se tiende hacia una optimización de los procesos industriales en la construcción. Y aunque la inercia de los métodos más convencionales (construcción húmeda) es muy fuerte, la creciente conciencia medioambiental, tanto desde la óptica privada como desde la administración también influye en la búsqueda de la racionalización y la sostenibilidad.

Por otro lado, como hemos ido viendo en páginas anteriores, "*a los primeros sistemas de fachada ventilada no se llegó tras un análisis funcional detallado, sino como reminiscencia de la construcción tradicional empírica*" [3].

Más adelante fueron introduciéndose diversas mejoras por parte de diferentes industriales: aligeramiento de la hoja interior, conexión entre ésta con la exterior, nuevos materiales de hoja exterior, etc..., pero sin tomar en consideración cómo estos cambios parciales afectaban al conjunto de la fachada a nivel de cumplimiento de prestaciones (estanqueidad, aislamiento térmico y acústico, durabilidad...). Y es lógico. A priori tienen muy poco que ver un revestimiento exterior con el drenaje de la cámara de aire, o el aislamiento térmico con las fijaciones de un aplacado.

Con el paso de los años todos estos conocimientos y experiencias han ido sedimentando y la industria ha sido capaz de ofrecer sistemas de fachada ventilada mucho más optimizados y funcionales. La descripción técnica de la fachada en el proyecto ha dejado de ser implícita, según el buen hacer del albañil, y se ha convertido en un "proyecto dentro del proyecto", donde es necesaria la definición constructiva casi hasta el último tornillo. La combinación de diferentes materiales y técnicas que convergen en lo que luego llamaremos fachada.

Sin embargo, la resolución de algunos puntos singulares no ha seguido la misma evolución. Es patente que el encuentro del plano de la fachada con las aberturas sea posiblemente el punto más delicado de toda la fachada. Hasta ahora el desarrollo técnico de esta interfase

---

[2] En edificios terciarios, especialmente de uso oficina, es bastante más usual que las ventanas se enrasen con la cara exterior de la fachada. Esto puede ser debido a la búsqueda de una imagen corporativa más contemporánea por parte del usuario del edificio. Desde el punto de vista funcional, este tipo de edificios suelen tener aberturas no practicables, ya que realizan la ventilación del espacio interior por medios mecánicos. De este modo no necesitan la abertura de la ventana a 180º.

[3] De la tesis doctoral de Cristina Pardal, *La hoja interior de la fachada ventilada. Análisis, taxonomía y prospectiva.*

no ha trazado una línea de evolución tan clara como en el tramo opaco.

A día de hoy, ante la indefinición técnica de este punto tan concreto y delicado, ante el cual la industria perece estar mirando hacia otro lado, es el arquitecto quien, en fase de proyecto, tiene que definir cómo se va a resolver el encuentro entre la fachada y la ventana. En ocasiones, incluso, hasta el mismo arquitecto se desentiende del tema, siendo el jefe de obra quien tiene que ingeniarselas para lograr encajar las piezas del puzzle.

Es de esperar que con el paso del tiempo y la propia evolución de la industria esta tendencia cambie, y se produzca una normalización y normativización técnica de la interfase hueco-macizo.

1.4. Proceso de obra

Hasta ahora hemos hablado de la fachada desde una perspectica descriptiva. Sin embargo, y como en todos los ámbitos de la tecnología, desde el momento en que empiezan a aparecer procesos industriales en el hecho edificatorio adquiere una gran importancia el proceso de obra. En el caso de elementos industrializados estaríamos hablando de secuencia de montaje.

Aunque podríamos escribir muchísimas páginas sobre este tema, vamos a intentar centrar nuestra atención en algunos puntos concretos.

1. Tiempo = dinero

Toda tarea resulta económicamente más rentable cuanto menos tiempo se emplea en terminarla. Cuando este principio universal se aplica a un proceso industrial se pone de relieve que tan importante es la tecnología o los materiales utilizados como el orden de los procesos para terminar el producto. Desde el momento en que la fachada se ha convertido en un sistema de diferentes piezas, la secuencia de montaje que nos permita completar más funciones con menos operaciones, o al menos con operaciones que no se solapen entre ellas incidirá directamente en la rapidez de la ejecución, y por ende, en la bondad del sistema.

En la interfase hueco-macizo también será importante saber cómo, dónde y cuándo fijamos la ventana. ¿Habrá un elemento previo a la construcción del lienzo de fachada que replanteará la posición exacta del hueco y recibirá tanto la carpintería como la fachada? ¿Será el entramado de la hoja interior (o exterior) quien nos marcará dónde va la ventana? Este tipo de decisiones también deberán ser consideradas para valorar cómo construimos la fachada, ya que si nos permiten ahorrar tiempo seremos más competitivos.

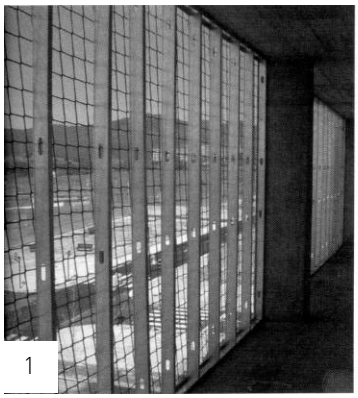
2. In site – off site

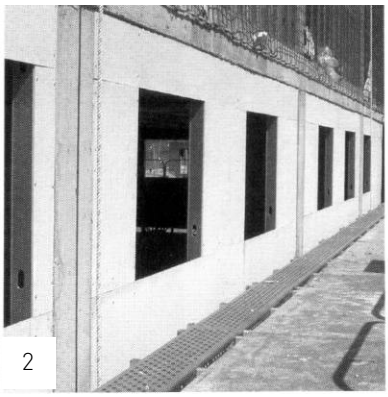
Aquellos sistemas que lleguen a obra con alguna o todas sus partes premontadas en taller incidirán directamente en una mayor optimización del recurso más importante: el tiempo. Sin embargo, hay que considerar que habitualmente existe una incompatibilidad importante entre las tolerancias de montaje de aquellas partes del edificio construidas in situ con las de los elementos fabricados en taller. Por ello hay que ser consciente de que en ocasiones el proceso de industrialización tiene limitaciones derivadas de la posterior puesta en obra.

Por ello los sistemas de fachada con hoja interior ligera habitualmente trabajan no con componentes totalmente acabados, sino con semiproductos que se manipulan en obra.

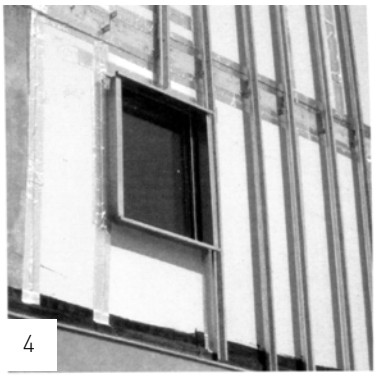
Nos parece de interés incluir una secuencia de imágenes del proceso de montaje de una fachada que, aunque tiene algunos años, fue considerada como modélica en su momento.

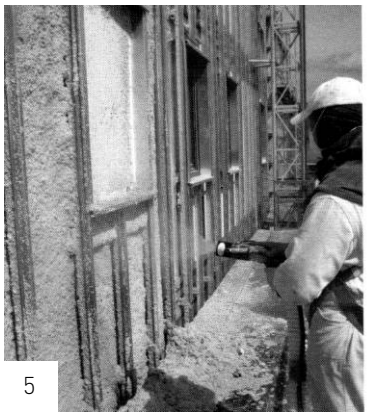
Nos servirá para ejemplificar lo que se ha ido explicando a lo largo de estas líneas.

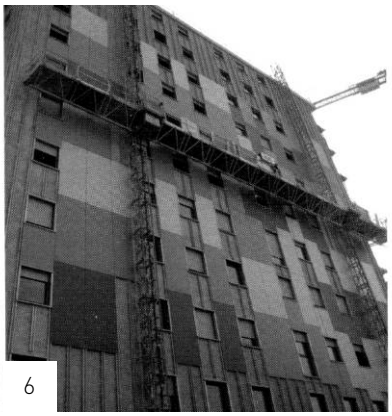

1


2

3


4


5


6

1. Regularización canto forjado mediante colocación subestructura hoja interior, con banda acústica perimetral.

2. Fijación mecánica placa intermedia colocada a plomo de estructura portente de hormigón.

3. Fijación armazón de soporte de carpintería tipo marco-telar (dintel + jambas + vierteaguas). Sellado de impermeabilización de juntas entre placas, y entre placas y obra para mejorar adherencia.

4. Colocación de carpintería exterior, tipo monobloc, con caja de persiana.

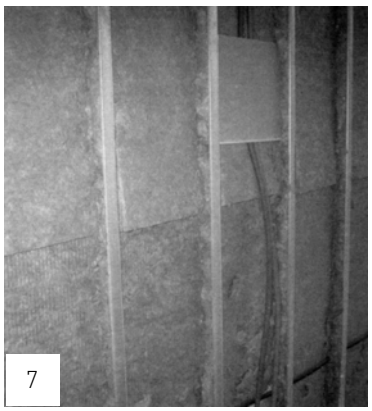
5. Colocación de estructura de soporte de hoja exterior, según proceso de montaje ususl de muro cortina. Proyección desde el exterior de aislante térmico y acústico, resistente al fuego.

6. Colocación de placa exterior de fachada.

7. Acabado interior con colocación de aislamiento, paso de instalaciones y fijación de placas de yeso laminado.

8. Vista de fachada acabada.

9. Detalle de abertura


7

8

9

Viviendas de protección oficial en Can Roca, Terrassa, de RGA arquitectes.
Imágenes 1-7 de *Quaderns d'arquitectura i urbanisme* nº 249. Imágenes 8-9 del autor.

PARTE ANALÍTICO-DESCRIPTIVA

2.1. Exigencias

2.1.1. Prestaciones vs. requerimientos

Dado que hablar de exigencias es referirse a un concepto muy amplio, y con acepciones bastante diversas, esta tesina va a clasificarlas en dos grupos generales. Éstos, a su vez, tendrán su propia subdivisión.

1. Prestaciones (exigencias formales)

Hace referencia a aquellas exigencias de tipo legal, según las normativa de obligado cumplimiento.

El nivel prestacional que se exige a cualquier elemento constructivo en general, y a las aberturas en particular, no es uniforme a lo largo del tiempo. Por el contrario, tiene que adaptarse a la evolución tecnológica y social. La sociedad demanda cada vez más calidad en los aspectos vinculados al bienestar de las personas. Por ello, las prestaciones de aislamiento térmico o acústico, por ejemplo, son cada vez más exigentes.

2. Requerimientos (exigencias informales)

Se refiere a aquellos otros aspectos independientes de la normativa, más subjetivos, relacionados con cuestiones diversas como la puesta en obra, el proceso de fabricación, etc, y que a la larga son tanto o más decisivos para escoger un sistema constructivo en detrimento de otro.

El estudio de las prestaciones de la interfase fachada – ventana requiere alguna reflexión previa.

Desde una óptica general, las soluciones constructivas de cerramientos de fachada ventilada no quedan completamente recogidas en los Documentos Básicos (DB) del *Código Técnico de la Edificación*-CTE. En consecuencia, gran parte de los cerramientos de fachada ventilada deben ser planteados como *soluciones alternativas* del CTE. Para ello debe justificarse su cumplimiento mediante el establecimiento de la equivalencia de las prestaciones respecto a las que se obtendrían de aplicar los DB [4].

Por otro lado, y como ya se ha comentado anteriormente, la interfase objeto de estudio no es un elemento constructivo determinado, sino el encuentro entre dos subsistemas claramente diferenciados, que puede tener muy variadas formalizaciones físicas.

Por tanto, parece lógico pensar que, si la normativa vigente ya es un tanto confusa en cuanto a qué y cómo han de garantizar el tramo opaco y las aberturas de la fachada ventilada determinadas prestaciones, el punto de encuentro entre ambos se apoye en una base normativa todavía menos clara, reducida a unos requisitos de montaje en base a una determinada norma UNE.

De este modo, a partir de un análisis comparado de las prestaciones (a nivel cualitativo y cuantitativo) a que se enfrentan el tramo opaco y el hueco, intentaremos arrojar luz sobre aquéllas que deberá satisfacer la interfase.

[4] Se recomienda la lectura atenta del artículo "*Los sistemas de cerramiento de fachadas ventiladas y el CTE*" (ver bibliografía).

2.1.2. CTE vs. normas UNE

Dado que existen diferentes tipos de normativas que conciernen al tema en cuestión, nos parece importante aclarar la diferencia entre ellos.

- Normas UNE, desarrolladas por AENOR[5]. En nuestro caso, la norma armonizada[6] UNE-EN 14351-1 "*Ventanas y puertas peatonales exteriores. Norma de producto, características de prestación. Parte 1: Ventanas y puertas peatonales exteriores sin características de resistencia al fuego y/o control de humo*" define las características de las prestaciones aplicables a un elemento constructivo.
- Código Técnico de la Edificación (CTE), conjunto principal de normativas que regulan la construcción es España, a partir de los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad definidos por la LOE. En ellas se especifican los valores, clases o niveles exigidos a un edificio o elemento constructivo.

Para entendernos, la norma UNE define cualitativamente las prestaciones que deben cumplir los elementos constructivos, mientras que el CTE las cuantifica numéricamente.

En el anexo 5.2 de este documento se incluye una tabla que establece la relación entre las prestaciones exigidas en el CTE y las características de dichas prestaciones de las ventanas de la norma UNE-EN 14351-1.

2.1.3. Análisis comparado de las prestaciones que concurren actualmente en la fachada ventilada y en la ventana, y que pueden ser relevantes en la interfase entre ambas.

- Función portante

Peso propio (acción permanente)

FACHADA / VENTANA (DB-SE AE)

No hay ninguna exigencia específica, más allá de que el elemento constructivo debe ser capaz de soportarse a sí mismo.

INTERFASE

Lógicamente, la interfase deberá, pues, ser capaz de soportarse a sí misma. En cualquier caso, dependiendo de las funciones que se le adjudiquen,este elemento interfase deberá ser capaz de asumirlas. Ya se intuye que el peso propio de la ventana (carpintería, vidrios, herrajes y complementos) también tendrá que ser soportado por esta interfase.

Acciones sobre barandilla y elementos divisorios (acción variable)

FACHADA (DB-SE AE)

Según el apartado 3.2 del DB-SE AE (tabla 3.3), los antepechos deben ser capaces de soportar una fuerza horizontal, uniformemente repartida, de 0,8 kN/m para uso de vivienda u oficina.

VENTANA (DB-SUA)

[5] Asociación Española de Normalización y Certificación), entidad dedicada al desarrollo de la normalización y la certificación en todos los sectores industriales y de servicios.

[6] Especificación técnica aprobada por un Organismo Europeo de Normalización (CEN), elaborada bajo un mandato de la Comisión Europea, de acuerdo con lo establecido en la *Directiva 83/189/CEE*.

No es de aplicación. Sin embargo, el apartado 3.2.2 del DB-SUA, determina para las barreras de protección contra las caídas una resistencia según el apartado 3.2 del DB-SE AE. Es decir, la misma que en el caso de fachada.

INTERFASE

Por tanto, la interfase tendrá que ser capaz de soportar esos mismos 0,8 kN/m uniformemente repartidos.

Acción del viento (acción variable)

FACHADA / VENTANA (DB-SE AE)

Sin querer entrar en el detalle del cálculo de las cargas de viento, la acción que éste produce sobre un edificio se determina según la expresión

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

Esta fórmula ofrece resultados muy variados, dado que los valores c_e y c_p son coeficientes que dependen de múltiples factores. Lo importante para nosotros es saber que la presión dinámica de viento, q_e, es la misma para cualquier elemento del edificio, con independencia de su exposición, función o altura.

INTERFASE

Tendrá que garantizar la misma resistencia que cualquier punto de la fachada. Es importante que los esfuerzos recibidos por la ventana sean correctamente transmitidos a la estructura portante del edificio, sin que la hoja interior se vea perjudicada (deformaciones, fisuración...).

Acciones térmicas (acción variable)

FACHADA / VENTANA (DB-SE AE)

Hay que prever las acciones producidas por las deformaciones de origen térmico. En caso de que dichas deformaciones estén impedidas podrían aparecer tensiones no previstas en los elementos afectados, con los consiguientes desperfectos.

INTERFASE

Se aplica el mismo criterio. Dado que la interfase es el lugar donde coinciden el tramo opaco y las aberturas, deberá evitarse o preverse la aparición de este tipo de acciones.

- Protección ante el fuego

Propagación interior

FACHADA (DB-SI1)

Dejando de lado los casos excepcionales (paso de instalaciones de sector de incendios distinto), los revestimientos (interiores) de las paredes deberán tener una clasificación de reacción al fuego C-s2,d0, en base a la tabla 4.1 de este DB[7].

[7] Como dice el aclaratorio 3 de la tabla 4.1 del DB-SI, la clase de reacción al fuego C-s2,d0 es extensiva a todos aquellos materiales que constituyan una capa en el interior de la pared no protegida por una capa EI-30, como mínimo. Es importante recordar que nos encontramos en el caso de fachadas ventiladas de hoja interior ligera. Por tanto, será fundamental certificar que el revestimiento interior (normalmente placa de yeso laminado o panelado de madera) cumpla con esta prestación. Si no fuera así, las diferentes capas deberían ser también C-

VENTANA

El DB SI no exige ningún grado de protección frente al fuego. Asimismo , la norma UNE 14351-1 define, en su mismo título, características para ventanas "sin resistencia al fuego o control de humo".

INTERFASE

Ninguna norma especifica el comportamiento ante el fuego del elemento interfase. ¿Debería de tener una clase de reacción al fuego C-s2,d0 o bien queda exento de esta prestación? Teniendo en cuenta que suele estar en contacto directo con las diferentes capas de la fachada, posiblemente debería de podérsele exigir un nivel de prestación que garantizara tanto su estabilidad como un nivel mínimo de reacción frente al fuego.

Propagación exterior

FACHADA (DB-SI2)

Aunque no lo diga explícitamente, del apartado 1.1 del DB se deduce que una fachada debería tener una resistencia al fuego EI 60, para evitar restricciones en el encuentro con edificaciones vecinas.

Por otro lado, según el apartado 1.4 del mismo DB, la clase de reacción al fuego de los materiales que ocupen más del 10% de la superficie del acabado exterior de las fachadas o de las superficies interiores de las cámaras ventiladas que dichas fachadas puedan tener, será B-s3, d2 [8].

VENTANA

Se repite el mismo argumento que en propagación interior: no se exige protección frente al fuego.

INTERFASE

Del mismo modo que en el caso de propagación interior, no se especifica el comportamiento ante el fuego del elemento interfase.

Además, en tanto en cuanto la interfase podria considerarse como superficie interior de la cámara ventilada, podría interpretarse, a partir de una lectura crítica del apartado 1.4 del DB, que los materiales que conforman la interfase deberían garantizar una reacción al fuego del tipo B-s3, d2.

Aquí aparece una contradicción importante. Por un lado hemos visto que desde la perspectiva de la propagación interior las capas interiores de fachada deben garantizar una clase de reacción al fuego C-s2,d0. Por el otro acabamos de leer que en cuanto a propagación exterior las superficies de la cámara ventilada han de ofrecer un comportamiento B-s3, d2. Está claro que la fachada ventilada con materiales ligeros difícilmente podrá compaginar ambos tipos de reacción al fuego. Por tanto, a juicio de quien escribe existe una contradicción normativa. Se antoja difícil poder discernir la prestación que debería garantizar el elemento interfase en cuanto a la protección contra

s2,d0. El autor pone en duda que muchas de las soluciones constructivas actuales cumplan con este parámetro, aunque este tema queda fuera del ámbito de esta tesina.

[8] Hasta una altura de 3,50 m como mínimo, en aquellas fachadas cuyo arranque inferior sea accesible al público, desde la rasante exterior, o desde una cubierta, y en toda la altura de la fachada cuando esta exceda de 18 m, con independencia de donde se encuentre su arranque.

el fuego.

- Seguridad de utilización y accesibilidad

Riesgo de caídas

FACHADA

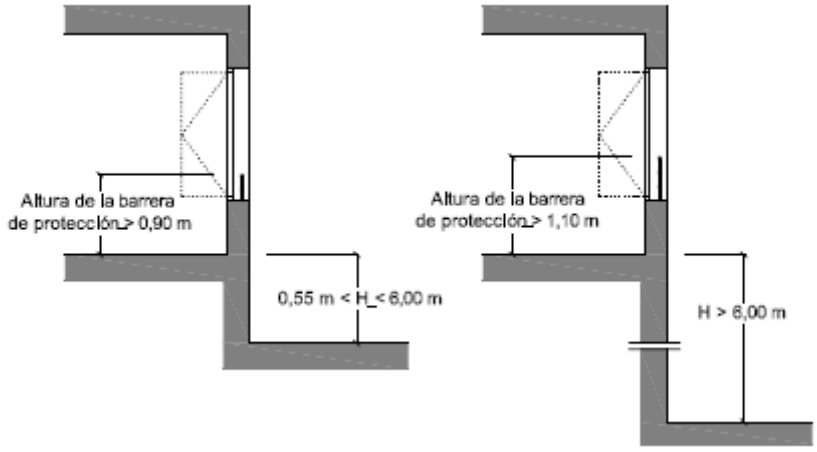
El tramo opaco de la fachada no entra dentro del ámbito de aplicación de este DB.

VENTANA (DB-SUA1)

El apartado 3 de este DB impone la existencia de barreras de protección en las ventanas, con una altura de 90 o 110 cm según el desnivel a proteger. Estas barreras pueden ser el mismo antepecho de la ventana o bien una barandilla. Ya hemos hablado de la resistencia a esfuerzos horizontales que han de tener en el epígrafe *Función portante*.

Por otra parte, el apartado 5 del DB establece las condiciones que han de cumplir los acristalamientos para permitir su limpieza en condiciones de seguridad.

En ambos apartados se establecen unas condiciones de tipo geométrico o de proyecto, que no tienen que ver, al menos directamente, con la configuración constructiva.



INTERFASE

Así pues, se entiende que esta prestación no influye sobre la interfase.

Riesgo de impactos

FACHADA

El tramo opaco de la fachada no entra dentro del ámbito de aplicación de este DB.

VENTANA (DB-SUA2)

El apartado 1.3 de este DB identifica las áreas de impacto de las superficies acristaladas, así como las condiciones de seguridad que han de satisfacer dichos vidrios.

INTERFASE

Se trata de un tema referido a los vidrios, con total independencia de la interfase.

- Salubridad

Estanqueidad al agua

FACHADA (DB-HS1)

El apartado 2.3.1 del DB especifica el grado de impermeabilidad mínimo exigible al tramo opaco de fachada. Se obtiene en función de la zona pluviométrica y del grado de exposición al viento correspondientes al emplazamiento del edificio.

A partir del grado de impermeabilidad obtenido en el apartado anterior y la existencia o no de revestimiento exterior, el apartado 2.3.2 describe las condiciones exigibles a la solución constructiva.

Sin embargo, en el caso específico que se está estudiando en esta tesina, la fachada ventilada de hoja interior ligera, nos encontramos que queda fuera del ámbito de aplicación de este DB. Esto es así, ya que todas las soluciones constructivas contempladas en el apartado 2.3.2 definen una hoja interior de espesor medio o alto, es decir, obra de fábrica (ya sea de ladrillo, bloque o piedra) con un espesor mínimo de 12 cm.

Es por eso que para poder certificar el cumplimiento de esta exigencia, los fabricantes de fachadas ligeras han tenido que certificar el cumplimiento de esta y otras exigencias mediante el DAU [9] correspondiente.

A modo de ejemplo, el DAU 09/051 B, que describe el sistema Aquapanel Outdoor (W384) de la empresa Knauf, define los resultados obtenidos en los ensayos de absorción de agua realizados, y considera un nivel de prestación C1, equivalente a una hoja de medio pie de ladrillo.

VENTANA

El DB HS1 establece las condiciones de estanqueidad sólo para el tramo opaco de la fachada.

El *Manual de Producto – Ventanas*, de Asefave[10], propone un procedimiento para definir las prestaciones de estanqueidad al agua de las ventanas, basado en la norma UNE-EN 14351-1. Se trata de un ensayo, según la norma UNE-EN 1027, que somete a la ventana a un rociado de agua, aumentando la presión del aire sobre la ventana y comprobando la ausencia de infiltraciones en cada escalón de presión. En base al escalón en que se acaba produciendo la infiltración de agua, se clasifican las ventanas.

Recordando que el DB-HS1 no hace referencia a aberturas, el Manual de Ventanas ofrece unas recomendaciones para la elección de ventanas, en función de su clasificación al viento, la zona eólica, el grado de aspereza del entorno, la zona pluviométrica y la altura sobre el suelo. En cualquier caso, es importante destacar que se trata de recomendaciones, y como tales no son de obligado cumplimiento.

INTERFASE

Los apartados 2.3.3.5 y 2.3.3.6 del DB-HS1 hacen referencia a la interfase entre tramo opaco y hueco. (*Encuentros de la cámara de aire ventilada con*

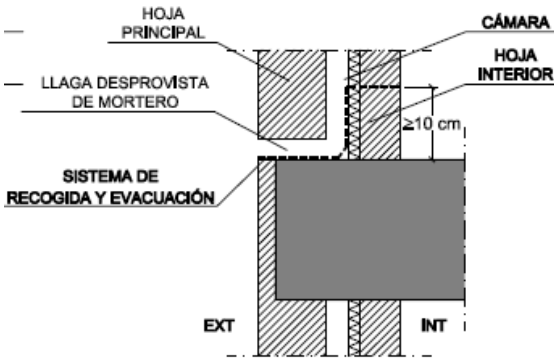
[9] DAU (Documento de Adecuación al Uso): expedido por el IteC, es una declaración de la opinión favorable de las prestaciones de un producto o sistema constructivo innovador en relación a los usos previstos y a las soluciones constructivas definidas, en el ámbito de la edificación y de la ingeniería civil.

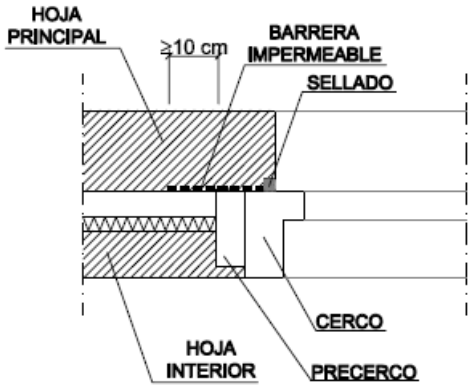
[10] Asociación Española de Fabricantes de Fachadas Ligeras y Ventanas.

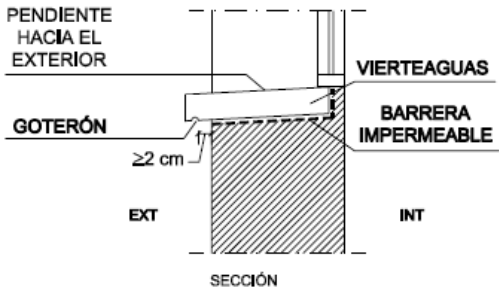
forjados y dinteles, y *Encuentro de la fachada con la carpintería*, respectivamente).

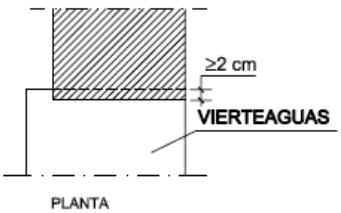
Los puntos más importantes que nos atañen son los siguientes, de manera resumida:

- Cuando la cámara de aire queda interrumpida por un dintel debe recogerse y evacuarse el agua filtrada o condensada en la misma.
- Como sistema de recogida debe disponerse un elemento continuo impermeable (lámina o perfil) con inclinación hacia el exterior (...).
- Cuando las carpinterías no estén enrasadas exteriormente con la fachada, se deberá:
    - disponer un goterón en el dintel o solución equivalente, para evitar que el agua de lluvia llegue hasta la carpintería.
    - colocar un vierteaguas impermeable o sobre barrera impermeable fijada al cerco o muro, que se prolongue por la parte trasera y los laterales del vierteaguas. Tendrá una pendiente mínima del 10% hacia el exterior y goterón.
    - si el grado de impermeabilidad sea igual a 5, se colocará barrera impermeable en las jambas, entre la hoja principal y el precerco, prolongada 10 cm hacia el interior del muro.
- Debe sellarse la junta entre el cerco y el muro con un cordón que debe estar introducido en un llagueado practicado en el muro de forma que quede encajado entre dos bordes paralelos.









- Protección contra el ruido exterior

Según al apartado 2.1.1 del DB-HR, el aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{2m,nT,Atr}$, que debe garantizar un cerramiento depende del uso del edificio y de los valores del Índice de ruido día, L_d , según la tabla 2.1 de la norma.

Tabla 2.1 Valores de *aislamiento acústico a ruido aéreo*, $D_{2m,nT,Atr}$, en dBA, entre un *recinto protegido* y el exterior, en función del índice de ruido día, L_d.

L_d dBA	Uso del edificio			
	Residencial y sanitario		Cultural, docente, administrativo y religioso	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37	42	37
$L_d > 75$	47	42	47	42

Una vez se conoce este valor límite de aislamiento acústico, y en base al porcentaje de huecos (expresado como la relación entre la superficie del hueco y la superficie total de la fachada vista desde el interior de cada recinto protegido), la tabla 3.4 expresa los valores mínimos que deben cumplir tanto la parte opaca como la ventana.

Tabla 3.4 Parámetros acústicos de *fachadas*, *cubiertas* y suelos en contacto con el aire exterior de *recintos protegidos*

Nivel límite exigido (Tabla 2.1) $D_{2m,nT,Atr}$ dBA	Parte ciega [1] 100 % R_A dBA	Parte ciega [1] ≠ 100 % R_A dBA	Huecos. Porcentaje de huecos $R_{A,tr}$ de la ventana y de la caja de persiana y $D_{n,e,Atr}$ del aireador dBA				
			Hasta 15 %	De 16 a 30%	De 31 a 60%	De 61 a 80%	De 81 a 100%
$D_{2m,nT,Atr} = 30$	33	35	26	29	31	32	33
		40	25	28	30	31	
		45	25	28	30	31	
$D_{2m,nT,Atr} = 32$	35	35	30	32	34	34	35
		40	27	30	32	34	
		45	26	29	32	33	
$D_{2m,nT,Atr} = 34^{(2)}$	36	40	30	33	35	36	36
		45	29	32	34	36	
		50	28	31	34	35	
$D_{2m,nT,Atr} = 36^{(2)}$	38	40	33	35	37	38	38
		45	31	34	36	37	
		50	30	33	36	37	
$D_{2m,nT,Atr} = 37$	39	40	35	37	39	39	39
		45	32	35	37	38	
		50	31	34	37	38	
$D_{2m,nT,Atr} = 41^{(2)}$	43	45	39	40	42	43	43
		50	36	39	41	42	
		55	35	38	41	42	
$D_{2m,nT,Atr} = 42$	44	50	37	40	42	43	44
		55	36	39	42	43	
		60	36	39	42	43	
$D_{2m,nT,Atr} = 46^{(2)}$	48	50	43	45	47	48	48
		55	41	44	46	47	
		60	40	43	46	47	
$D_{2m,nT,Atr} = 47$	49	55	42	45	47	48	49
		60	41	44	47	48	
$D_{2m,nT,Atr} = 51^{(2)}$	53	55	48	50	52	53	53
		60	46	49	51	52	

(1) En el caso de que dos *unidades de uso* colindantes horizontalmente compartan una *fachada* o *cubierta ligera*, debe garantizarse el cumplimiento de los valores límite de aislamiento acústico entre *recintos*.

(2) Los valores de estos niveles límite se refieren a los que resultan de incrementar 4 dBA los exigidos en la tabla 2.1, cuando el *ruido exterior dominante* es el de aeronaves.

FACHADA

El rango de valores de aislamiento acústico que ha de asegurar el tramo opaco de una fachada con ventanas (parte ciega ≠ 100%) varía entre 35 y 60 dBA.

VENTANA

El rango de valores de aislamiento acústico que ha de asegurar la ventana varía entre 26 y 53 dBA.

INTERFASE

Aquí aparece otra contradicción. El elemento interfase, como tal, no tiene asignado un valor específico de aislamiento acústico. En ese caso, ¿qué valores debe satisfacer?

- Confort higrotérmico

Aislamiento térmico (transmitancia)

FACHADA - VENTANA (DB-HE1)

De cara a limitar la demanda energética de un edificio, El DB-HE1 establece unos valores límite a toda su envolvente térmica. Depende de la zona climática en que se ubique el edificio. El anexo 5.3 recoge los valores máximos para cada zona climática. En el caso específico de las aberturas este valor también dependerá, para cada una de las zonas, de la orientación y el porcentaje de huecos dentro de la fachada.

Además, para evitar descompensaciones de la calidad térmica de diferentes espacios del edificio, la transmitancia térmica máxima, en valor absoluto, de fachadas y ventanas no superará los valores señalados en la tabla 2.1 del DB-HE1, para cada zona climática.

Cerramientos y particiones interiores	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, *particiones interiores* en contacto con *espacios no habitables*, primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno[1] y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos[2]	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas[3]	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

INTERFASE

Nuevamente, nos encontramos con la duda de qué valor de transmitancia aplicar a la interfase. Vemos que para cada una de las zonas climáticas el valor exigido a la fachada es cuatro veces menor al exigido a la vantana. Dado que la fachada es ventilada, las hojas exteriores no aportan capacidad aislante. Entendemos que la transmitancia de la interfase deberá aproximarse más a los valores del plano opaco que a las aberturas. Sin embargo, al ser aquél un no un elemento constructivo concreto, sino un concepto, es difícil asignarle un valor prestacional.

Condensaciones intersticiales

FACHADA – VENTANA – INTERFASE (DB-HE1)

El conjunto de cerramiento exterior se diseñará y construirá de manera que las condensaciones interiores queden limitadas y se evite la aparición de mohos en la superficie interior. Para ello se limitará la humedad relativa media mensual al 80% en aquellas superficies interiores de los cerramientos que puedan absorber agua o susceptibles de degradarse y especialmente en los puentes térmicos de los mismos.

Para la comprobación de la limitación de condensaciones superficiales en los cerramientos y puentes térmicos se debe comprobar que el *factor de temperatura de la superficie interior* [11] es superior al factor de temperatura de la superficie interior mínimo. Este factor se podrá obtener a partir de la tabla 3.2 en función del tipo de espacio, clasificado según el apartado 3.1.2, y la zona climática donde se encuentre el edificio.

Tabla 3.2 Factor de temperatura de la superficie interior mínimo $f_{Rsi,min}$

Categoría del espacio	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Clase de higrometría 5	0.80	0.80	0.80	0.90	0.90
Clase de higrometría 4	0.66	0.66	0.69	0.75	0.78
Clase de higrometría 3 o inferior a 3	0,50	0.52	0.56	0.61	0.64

Estanqueidad al aire

FACHADA

El CTE no contempla la permeabilidad al aire del plano de fachada. Se entiende que es así porque en fachadas convencionales es grosor de la hoja principal garantiza la estanqueidad.

Para fachadas de hoja interior ligera, ésta se consigue mediante una corrrecta ejecución de las juntas entre placas.

VENTANA (DB-HE1)

La permeabilidad al aire de las carpinterías, medida con una sobrepresión de 100 Pa, tendrá unos valores inferiores a los siguientes:

a) para las zonas climáticas A y B $\rightarrow$ 50 $m^3/h\ m^2$

b) para las zonas climáticas C, D y E $\rightarrow$ 27 $m^3/h\ m^2$

Se considerarán válidos los huecos y lucernarios clasificados según la norma UNE EN 12 207:2000 y ensayados según la norma UNE EN 1 026:2000 para las distintas zonas climáticas:

Zona climática	Clases de carpintería válidas
A - B	1 - 2 – 3 - 4
C – D - E	2 – 3 - 4

INTERFASE

Se interpreta que la permeabilidad de la interfase debería ser como mínimo equivalente a la vantana, que es el único valor que marca la norma.

[11] Factor de temperatura de la superficie interior: Es el cociente entre la diferencia de temperatura superficial interior y la del ambiente exterior y la diferencia de temperatura del ambiente interior y exterior.

• Durabilidad

El CTE no cuantifica la exigencia de durabilidad de las fachadas ni de sus ventanas. Sin embargo, ambas deberán satisfacer todas las exigencias, ya explicadas en las páginas anteriores,durante el período de uso del edificio.

La LOE[12] establece que los suministradores de productos deberán responder del origen y calidad de los suministros, así como facilitar las instrucciones de uso y mantenimiento para su inclusión en la documentación de la obra.

Asimismo, el arquitecto de la obra deberá entregar, para cumplimentar el Libro del Edificio, un plan de uso y mantenimiento, donde se establecen los períodos máximos en que cada elemento constructivo deberá se revisado.

A título informativo incluimos las prestaciones que ofrece el sistema de fachada ventilada Knauf Aquapanel Outdoor W384.

Sistema	Núm. Variante (*)	SI			HE	HS	HR			
		Reacción al fuego		Resistencia al fuego	U_M (W/m²·K)	GI	R_w (dB)	R_A (dBA)	R_{Atr} (dBA)	m (kg/m²)
		Interior	Exterior							
Aquapanel® Outdoor W384	V1	A2-s1, d0	A1	EI 60	0,52	(**)	50 (-2,-6)	48,4	44,1	41,0
	V5	A2-s1, d0	A1	EI 60	0,38	(**)	51 (-1,-6)	49,9	45,3	44,5

(*) Las composiciones de las variantes se encuentran definidas en la tabla 6.1.
(**) Dependerá del nivel de prestación de la hoja exterior de la fachada ventilada.
Prestaciones de las zonas opacas. No se considera los posibles huecos del cerramiento.

Tabla 6.4: Cuadro resumen de prestaciones del sistema Aquapanel® Outdoor W384. Variantes básicas.

2.1.4. Exigencias que concurren actualmente en la interfase ventana-fachada

2.1.4.1. Prestaciones

Como ya se ha dicho anteriormente, la interfase entre tramo opaco y aberturas carece de un marco normativo que establezca claramente las prestaciones a garantizar. Sin embargo, la norma UNE 85219:1986 IN "*Ventanas. Colocación en obra*" define los sistemas y condiciones técnicas que deben seguirse para su colocación en el hueco de la obra, y que se reproducen a continuación de manera resumida:

• Resistencia mecánica

La ventana deberá resistir en posición cerrada o de apertura bloqueada a:

- Las cargas producidas por la presión o depresión del viento, incluso aquellas cargas consideradas como excepcionales, de posible reproducción cada diez años como media. Los procedimientos adoptados serán objeto de una especial atención cuando se trata de edificios de gran altura (> 50 m) o de ubicación particularmente expuesta.

- Los choques o presiones producidos por personas o animales precedentes del interior o del exterior.

- Las solicitaciones debidas a las maniobras de las ventanas.

- Los movimientos o dilataciones diferenciales de los elementos constructivos propios de los edificios.

[12] Ley de Ordenación de la Edificación

• Compatibilidad ente los materiales empleados

Todos los productos, materiales, complementos, herrajes, accesorios y de una forma general cualquier elemento que interviene en el proceso de la colocación de la ventana en el hueco, deberán ser compatibles química y eléctricamente entre sí.

Se dedicará una especial atención a los fenómenos de corrosión, producción de hongos y todos aquellos que puedan producir deterioro de la ventana.

• Estanqueidad al aire y al agua

Cualquiera que sea el procedimiento de colocación deberá proporcionar una total estanqueidad al aire y al agua.

Se cuidará especialmente la estanqueidad del tercio inferior de los cercos o precercos, sobre todo en la unión de estos con el alféizar.

Para evitar las condensaciones en la junta entre ventana y obra se utilizarán el material sellador para la junta interior tendrá una transmisión de vapor de agua menor que el de la junta exterior, de modo que el vapor tienda siempre a salir hacia el exterior del edificio.

• Comportamiento térmico y acústico

En la elección de los sistemas y productos utilizados para la colocación de los cercos o los precercos, así como para la confección de elementos prefabricados, se tendrán en cuenta sus prestaciones térmicas y acústicas y de forma muy especial cuando se trate de ventanas con rotura de puente térmico.

Cualquiera que sea el sistema de colocación, éste no restará prestaciones ni a la ventana ni al hueco receptor de la misma. Por tanto, la interfase deberá garantizar que no se produzcan condensaciones para evitar puentes térmicos y/o acústicos y evitar la aparición de mohos.

• Antivibraciones

Los procedimientos de colocación de ventanas cualquiera que sean las soluciones adoptadas, así como los productos de unión de cercos o precercos a la obra, deberán tener la suficiente elasticidad para amortiguar las vibraciones transmitidas tanto por la estructura y elementos constructivos como por vía aérea, con el fin de no generar grietas o desprendimientos entre el marco de la ventana o premarco y el hueco. En ningún caso entrarán en resonancia.

En las áreas de al sismicidad, es conveniente utilizar procedimientos de colocación flotante, que permitan absorber las deformaciones previsibles por esa acción.

Como comentario, vemos que estas condiciones de colocación de las ventanas no se cuantifican numéricamente, sino que se reduce a una serie de recomendaciones o consejos. La mayoría de estas condiciones quedan cuantificadas por el CTE, aunque como hemos visto en el epígrafe anterior, en bastantes casos no queda claro el valor exacto de la prestación en la interfase entre hueco y macizo.

A juicio del autor, la causa de esta aparente falta de normativización, estriba, como ya se ha comentado en la introducción en la misma evolución constructiva de la fachada ventilada. En un tiempo relativamente corto se ha pasado en España de dos hojas pesadas, construídas con métodos convencionales (obra de fábrica), a una superposición de finas capas de materiales muy diversos en cuanto su naturaleza y comportamiento. Cuando ese lienzo multicapa llega a un punto crítico, como son las aberturas, pone de manifiesto sus debilidades.

2.1.4.2. Requerimientos

Por otro lado nos parece importante establecer una serie de requerimientos (exigencias no legales), para poder ampliar el espectro de análisis del elemento interfase . Dado que estas exigencias no responden a ninguna norma legal ni ningún criterio prestablecido, nos hemos permitido adaptar los requerimientos de la tesis doctoral de C. Pardal[13] a nuestro caso:

Hemos organizado estos requerimientos en tres grandes grupos:

• Grado de prefabricación

Desde el punto de vista de la industrialización, es importante establecer el grado de prefabricación de los elementos que llegan a obra. Y sobretodo, la relación que ello tendrá con la integración del elemento interfase con el resto de subsistemas de la fachada.

Podemos establecer dos categorías dentro de este capítulo:

Integración multifuncional de elementos constructivos

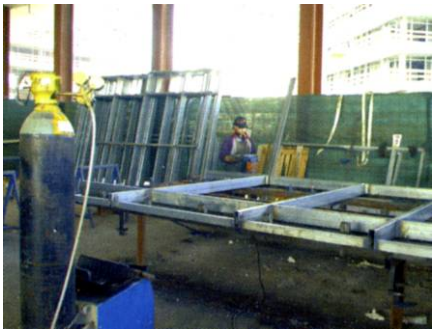
En la medida que diferentes unidades funcionales queden agrupadas en un mismo componente se reducirán el número de operaciones de montaje en obra. Además disminuyen la cantidad de juntas y sellados realizados in-situ, lo que repercute directamente en la calidad del producto.

El premarco, las jambas, los elementos de persiana (bombo y guías) o la barandilla son algunos de dichas elementos constructivos que podrían integrarse en un componente.

Fabricación en obra (in-site) o en taller (off-site)

Existe la opción de que las partes que conforman la interfase vengan premontadas en taller, lo cual, a priori, aporta unos controles de calidad mayores y un producto mejor acabado.

También es viable fabricar los elementos constructivos partir de semiproductos manipulados a pie de obra, según las necesidades de la misma obra. Aunque es una opción pseudoartesanal, en ocasiones puede ser más útil que traer un componente totalmente terminado. No hay que olvidar que las tolerancias de los sistemas constructivos convencionales son muy diferentes de los métodos en seco.



Montaje de premarcos a pie de obra

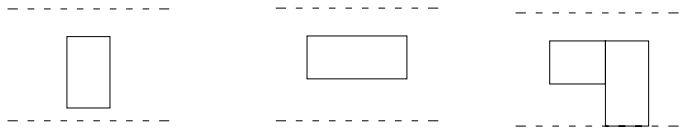
[13] PARDAL, Cristina. *La hoja interior de la fachada ventilada. Análisis, taxonomía y prospectiva*. UPC, 2009.

• Clientalización

De cara al arquitecto posiblemente sea el aspecto más importante, el que permite que un elemento constructivo se adapte a las necesidades formales.

Forma y posición de la abertura

Aunque el formato habitual es de tipo rectangular, podemos referirnos a ventanas apaisadas, verticales, combinación de ventana más balconera. De igual manera, existe la opción de agrupar diferentes ventanas en un solo hueco, o que éstas lleguen hasta el forjado superior o inferior. Las variantes són prácticamente infinitas.

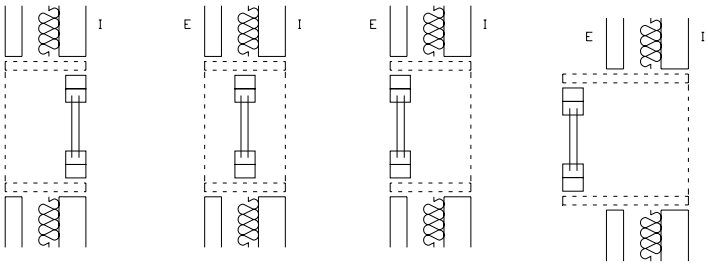


Dimensiones máximas de la abertura

Relacionado directamente con el punto anterior, es importante saber las dimensiones máximas que podemos alcanzar con el sistema elegido. O qué soluciones ofrece si deseamos sobrepasar estos límites. También es fundamental conocer si, dentro de dichas dimensiones máximas, es posible abrir huecos de tamaño libre o bien nos vemos constreñidos por unas medidas predeterminadas.

Posición carpintería respecto plano de fachada

Aunque lo habitual en nuestro clima es colocar la ventana enrasada con la cara interior de la fachada, en algunos proyectos puede haber un interés especial en variar esta condición, colocándola a mitad de espesor, alineada por el exterior o incluso sobresaliendo del plano de fachada.



• Optimización

Este es un concepto un tanto abstracto. Como ya se ha comentado en la parte introductoria de esta tesina, siempre se busca el mayor rendimiento utilizando el mínimo consumo de recursos. Al hablar de optimización podemos distinguir dos grupos.

Optimización económica

La manera más inmediata de ahorrar dinero es utilizando materiales baratos o fáciles de conseguir. Si además las técnicas de conformación y/o montaje son sencillas o están muy implantadas a nivel industrial conseguiremos reducir el coste final del producto.

Otra opción para minimizar el coste final consiste en racionalizar los procesos de fabricación o de montaje en obra. De este modo conseguiremos reducir el número de operarios y el tiempo de ejecución en obra. No hay que olvidar que en la actualidad el coste de la mano de obra suele ser más elevado que el coste del material o incluso

de la maquinaria. "*Un euro gastado en la fábrica es mucho más efectivo que un euro gastado en obra*".[14]

Optimización medioambiental

Ante la creciente conciencia ecológica la posibilidad de pensar en un reaprovechamiento material al final de la vida útil del edificio nos induce a incluir la posibilidad de utilizar productos reciclados o reciclables.

La reversibilidad de los elementos constructivos, es decir, la capacidad de ser desmontados, abunda en la misma dirección. Además facilita su hipotética reparación o sustitución.

2.1.5. Exigencias que concurren actualmente en el premarco, y que pueden ser relevantes en su acuerdo con la fachada ventilada.

No hay que caer en el error de confundir el premarco con la interfase hueco-macizo. Ésta última es la zona de transición entre la fachada y la ventana, e implica todas un abanico de prestaciones, como hemos visto anteriormente. Por tanto es un concepto mucho más amplio que el de premarco. Por lo general éste está muy relacionado con la función portante, aunque no siempre tiene que ser así.

En cualquier caso nos parece que puede ser de interés apuntar brevemente los aspectos normativos más importantes que hacen referencia al elemento premarco.

Funciones que se le encomiendan:

- Garantizar las medidas del hueco proyectadas
- Replanteo del hueco en obra
- Hacer de cerco rígido a la carpintería
- Ser soporte de su fijación

Prestaciones (exigencias legales): (UNE 85241:1990):

- Compatibilidad física y química con carpintería y cerramiento.
- Rigidez al descuadre y alabeo
- Permitir atornillado y enclipsado, según necesidades de resistencia al viento.
- Posibilitar correctos agarre y unión con cerramiento, y cumplir con UNE 85219:1986 IN "Ventanas: colocación en obra":
    - tolerancias de planimetría de marco o premarco:
        perfiles › 2m → ‹ 3mm
        perfiles ‹ 2m → ‹ 2mm
    - tolerancias para el descuadre (diferencias entre diagonales):
        ‹ 5mm para marco o premarco con perfiles › 2m
        ‹ 3mm para marco o premarco con perfiles ‹ 2m
    - tolerancias perimetral marco o premarco: holgura entre 0 y 15mm.
- Satisfacción de necesidades de carpintería a la que esté destinado:
    - sellado cara exterior → estanqueidad

[14] Cita de J.M. González Barroso, doctor arquitecto y profesor de Construcción en la ETSAB.

- solape carpintería sobre precerco
- perfecta planimetría de unión premarco - cara interior cerramiento
- integración guías persiana en montantes de premarco
- durabilidad › 50 años
- dimensiones mínimas (cuadro norma UNE 85241)
- Tolerancias de los premarcos

  ‹ 10mm en cada una de sus dimensiones

2.1.6. Exigencias que concurren actualmente en el sellado, y que pueden ser relevantes en su acuerdo con la fachada ventilada.

Las prestaciones exigidas a las condiciones de sellado entre carpintería y obra se establecen en diversas normas UNE. Remitimos al anexo 5.4 para consultar las exigencias detalladas.

- Sellado exterior ventana/obra → UNE EN ISO 11600
- Sellado interior ventana/obra → UNE EN ISO 9047

2.2. Benchmarking

2.2.1. Soluciones técnicas identificadas en el mercado, orientadas a resolver adecuadamente el acuerdo entre fachadas ventiladas y aberturas.

Dentro de este capítulo haremos un barrido por el sector industrial.

Empezaremos por aquellas empresas que han desarrollado sistemas integrales de fachada ventilada. Entendemos por sistema integral el producto que incorpora todas las capas de la fachada, desde el acabado exterior suspendido de una subestructura hasta las capas intermedias, si las hubiera, y el revestimiento interior.

Como se verá, el número de soluciones analizadas no es demasiado extenso. Así mismo, su tipología es bastante heterogénea. La razón de todo ello es la dificultad del autor en encontrar empresas que tengan desarrollado un sistema completo de fachada industrializada y, a su vez, hayan estudiado, aunque sea mínimamente, el encuentro con la ventana. Por tanto, ya antes de empezar el análisis vemos que el tema de estudio de esta tesina es todavía un campo con poco recorrido en nuestro país.

También analizaremos algún sistema de fachada integral no ventilada. Aunque a nivel de algunas prestaciones (p.e. estanqueidad al agua y al aire) no será posible compararla con los sistemas ventilados, en cambio en otras (soporte, aislamiento térmico) sí nos aportará elementos interesantes de análisis.

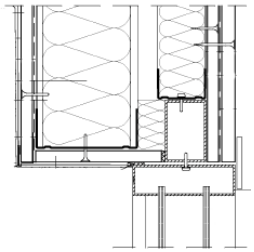
Después estudiaremos de manera individual algunos elementos constructivos que conforman la interfase, como los premarcos, las carpinterías, las persianas o los materiales de sellado.

2.2.1.1. Sistemas completos de fachada

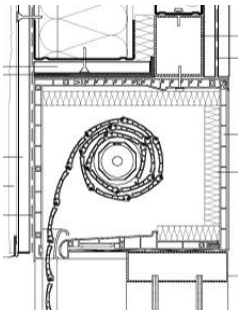
2.2.1.1.1. Sistemas de fachada ventilada de hoja interior ligera

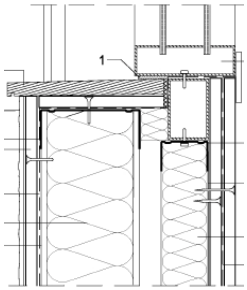
KNAUF	***Aquapanel W387***	Sistema completo de fachada DAU 09/052 B

Dintel

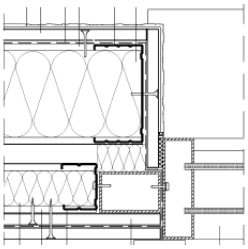


Dintel (Persiana)



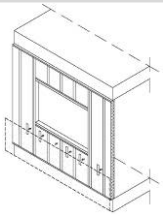


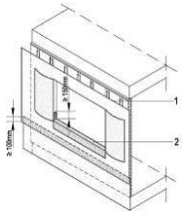
Alféizar

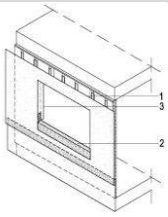


Jamba

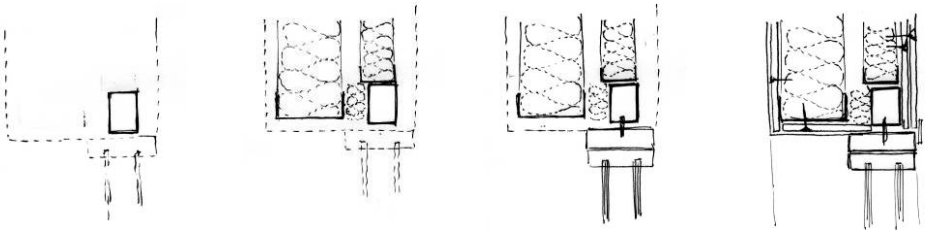
Axonometría







Secuencia de montaje



Observaciones sobre interfase ventana - fachada

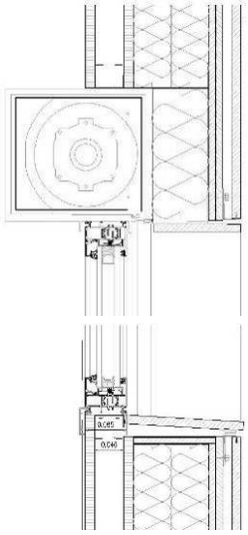
Prestaciones	**Requerimientos**
Resistencia mecánica a choques, dilataciones...	- No integra diferentes elementos constructivos.
+ Compatibilidad química y eléctrica	- Construído in-situ
+ Estanqueidad al aire	+ Dimensiones libres
- Estanqueidad al agua	- Sólo contempla ventana a haces interiores
Aislamiento térmico	+ Técnicas y materiales económicos
Aislamiento acústico	Minimiza mano de obra / materiales
- No evita transmisión de vibraciones	+ Solución reversible

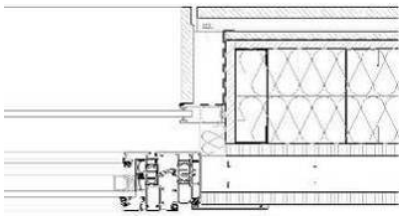
* El sistema W384 de Knauf Aquapanel consiste en hoja interior ligera para fachada ventilada, pero no hay detalles del encuentro con las aberturas.

** Interfase a partir de un premarco tubular fijado a forjado mediante patillas.

ULMA	*Cerramiento de Fachadas*	Sistema completo de fachada ventilada

Dintel (persiana)

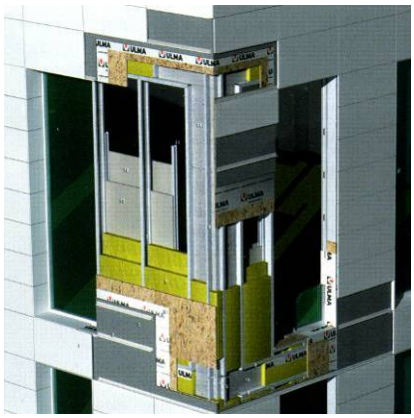




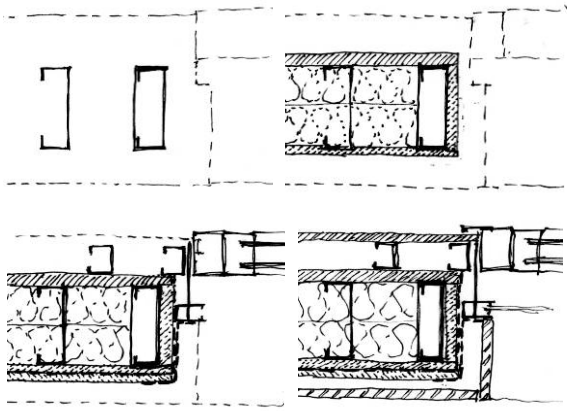
Alféizar

Jamba

Axonometría



Secuencia de montaje



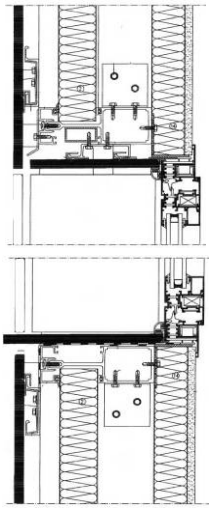
Observaciones sobre interfase ventana - fachada

Prestaciones	**Requerimientos**
- Resistencia mecánica a choques, dilataciones...	- No integra diferentes elementos constructivos.
+ Compatibilidad química y eléctrica	- Construído in-situ
+ Estanqueidad al aire	+ Dimensiones libres
- Estanqueidad al agua	- Sólo permite ventana a haces interiores
- Aislamiento térmico	+ Técnicas y materiales económicos
- Aislamiento acústico	Minimiza mano de obra / materiales
- No evita transmisión de vibraciones	+ Solución reversible

* Fijación de carpintería de dudosa eficacia: no se detecta cómo soluciona la función portante.

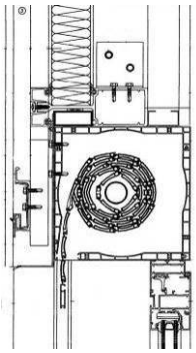
MECANOFAS ***(Grupo Mecanotubo)***	***Fachada Integral Ventilada (FIV)***	Sistema completo de fachada ventilada

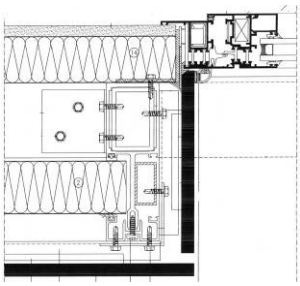
Dintel



Alféizar

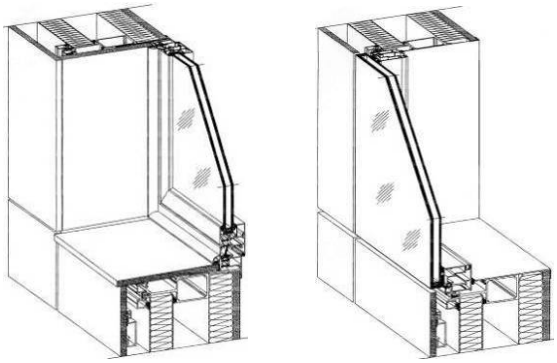
Dintel (Persiana)



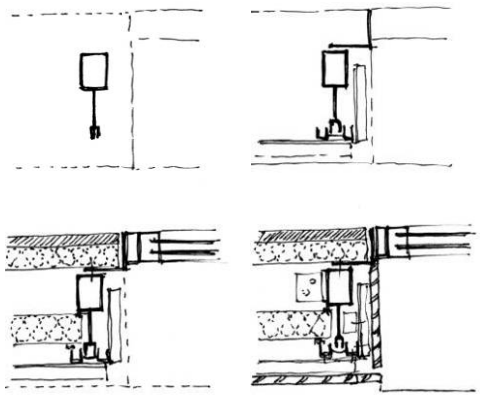


Jamba

Axonometría



Secuencia de montaje



Observaciones sobre interfase ventana - fachada

Prestaciones	**Requerimientos**
Resistencia mecánica a choques, dilataciones...	- No integra diferentes elementos constructivos.
+ Compatibilidad química y eléctrica	- Construído in-situ
+ Estanqueidad al aire	Dimensiones
- Estanqueidad al agua	+ Permite ventana a haces interiores y exteriores
- Aislamiento térmico	Técnicas y materiales económicos
- Aislamiento acústico	Minimiza mano de obra / materiales
Evita transmisión de vibraciones	+ Solución reversible

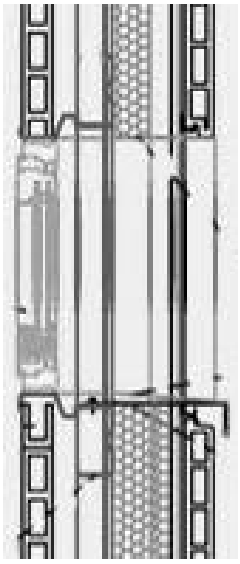
* Hojas intermedia y exterior de fachada, y premarco soportadas por montante tipo muro cortina.

** Ineficacia de aislamiento en hoja intermedia, que queda interrumpida al llegar a la ventana.

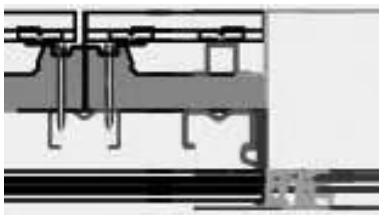
*** Complejidad técnica derivada del giro de la hoja exterior.

FAVEMANC	*Innowall*	Sistema completo de fachada ventilada

Dintel



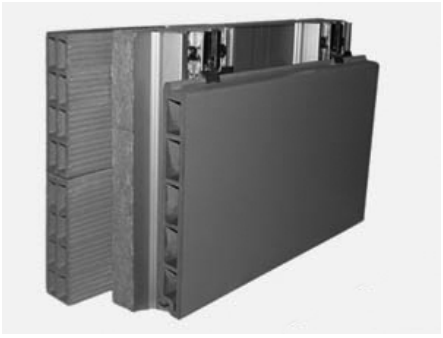
Dintel (Persiana)



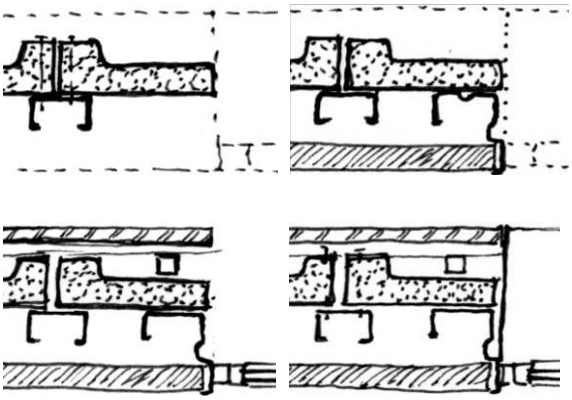
Alféizar

Jamba

Axonometría



Secuencia de montaje



Observaciones sobre interfase ventana - fachada

Prestaciones	Requerimientos
Resistencia mecánica a choques, dilataciones...	- No contempla persiana ni ningún otro elemento
+ Compatibilidad química y eléctrica	- Construído en taller (???)
Estanqueidad al aire	Dimensiones
Estanqueidad al agua	- Sólo contempla ventana a haces interiores
- Aislamiento térmico	+ Técnicas y materiales económicos
- Aislamiento acústico	+ Minimiza mano de obra / materiales (???)
- Evita transmisión de vibraciones	+ Solución reversible

* Hoja intermedia formada por panel sandwich.

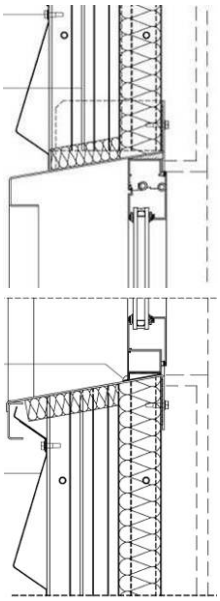
** Puente térmico y acústico en todo el perímetro del hueco.

*** Posiblemente las deformaciones derivadas del viento se transmitan directamente a la ventana.

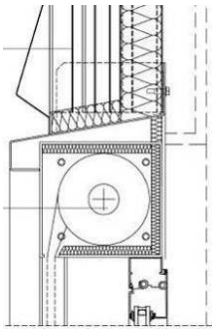
2.2.1.1.2. Sistemas de fachada no ventilada de hoja interior ligera

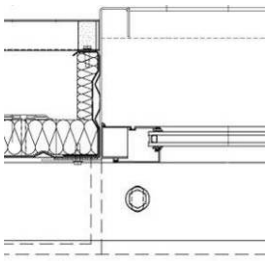
EUROPERFIL	***Eurohabitat 150*** ***(y chapa Atenea)***	Sistema completo de fachada no ventilada DAU 10/059 A

Dintel



Dintel (Persiana)

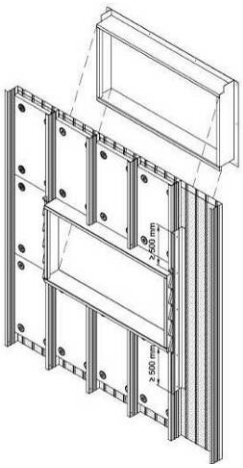


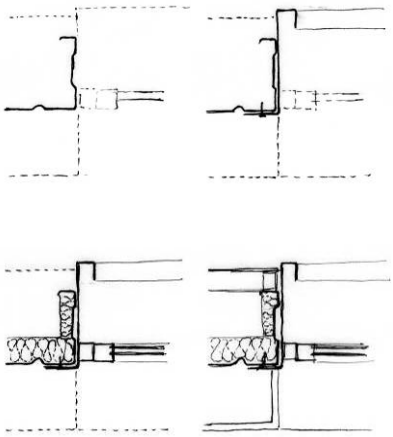


Alféizar

Jamba

Axonometría	Secuencia de montaje





Observaciones sobre interfase ventana - fachada

Prestaciones	**Requerimientos**
Resistencia mecánica a choques, dilataciones...	+ Contempla persiana (aunque como elemento ajeno)
+ Compatibilidad química y eléctrica	+ Conforma recercado (jambas, dintel y alféizar)
+ Estanqueidad al aire	+ Construído en taller → mayor precisión dim. ventana
+ Estanqueidad al agua	- Ventanas moduladas a 60 cm
Aislamiento térmico	- Sólo contempla ventana a haces intermedio
Aislamiento acústico	+ Técnicas y materiales económicos
+ Evita transmisión de vibraciones a a hoja interior	+ Minimiza mano de obra / materiales
	+ Solución reversible

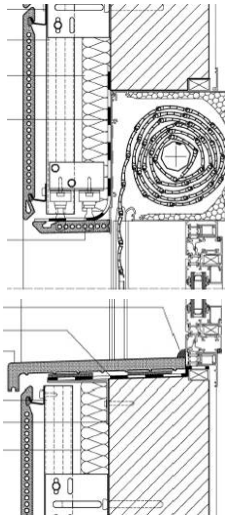
* Pieza de telar conformada en taller, que se coloca de una pieza. Pieza metálica que comunica directamente ambientes exterior e interior.

** Modulación de ventanas.

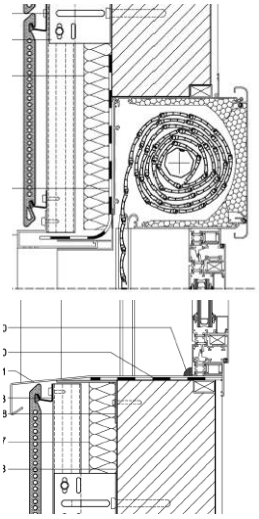
2.2.1.1.3. Sistemas de hoja exterior de fachada ventilada

FAVETON	*Bersal SS/Acero*	Hoja exterior fachada ventilada DAU 09/058 A

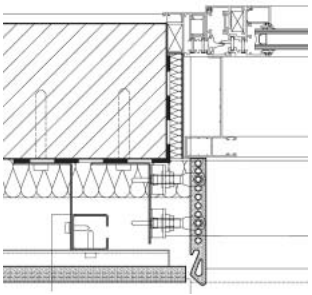
Dintel cerámico



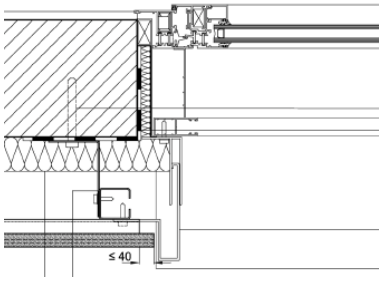
Dintel metálico



Alféizar cerámico



Alféizar metálico

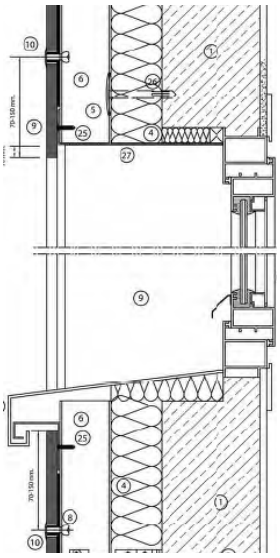


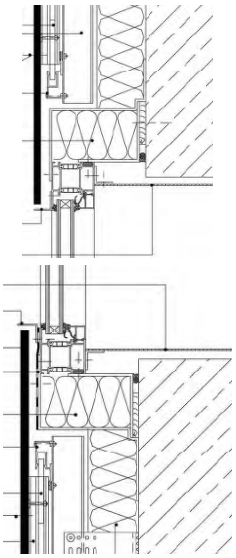
Observaciones sobre interfase ventana - fachada

Prestaciones	Requerimientos
+ Resistencia mecánica a choques, dilataciones...	+ Contempla persiana, aunque como elemento ajeno
+ Compatibilidad química y eléctrica	- Construído in-situ
+ Estanqueidad al aire	+ Dimensiones libres
+ Estanqueidad al agua	No permite ventana a haces exteriores
- Aislamiento térmico	Técnicas y materiales económicos
Aislamiento acústico	Minimiza mano de obra / materiales
+ Evita transmisión de vibraciones a a hoja interior	

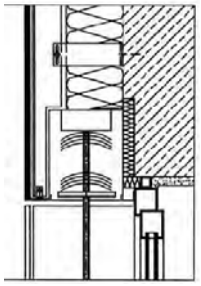
EURONIT	Hoja exterior fachada ventilada

Dintel

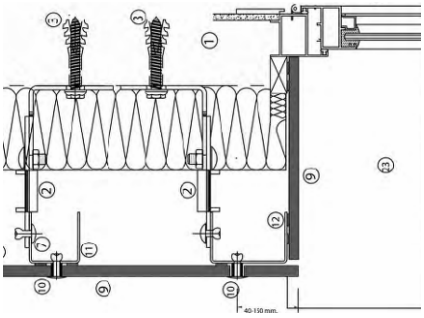




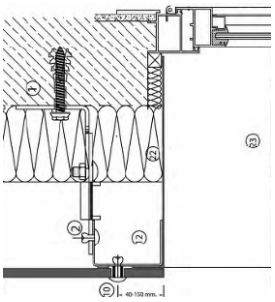
Persiana



Alféizar



Jamba = fachada

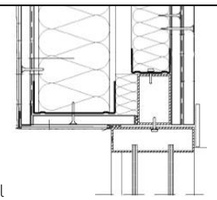
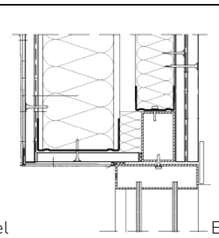
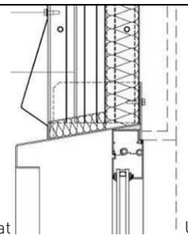
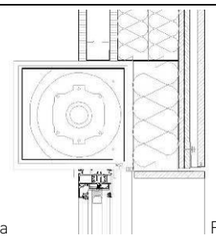
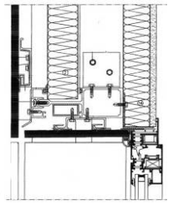
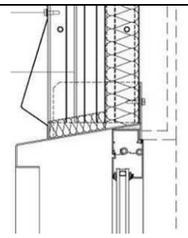
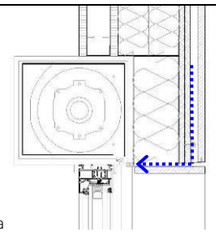
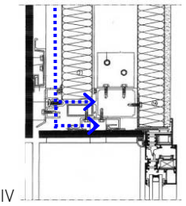
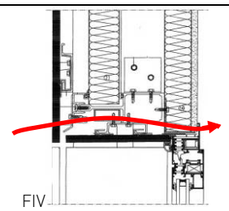
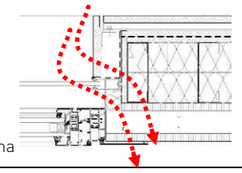
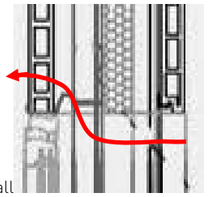
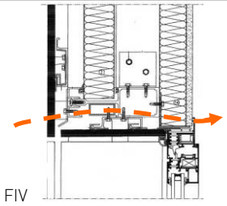
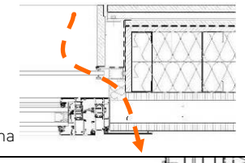
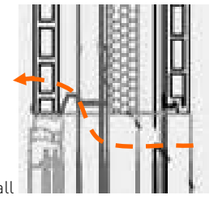
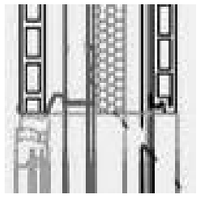
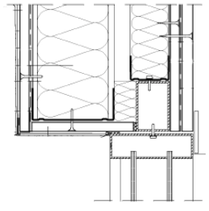
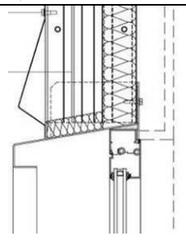
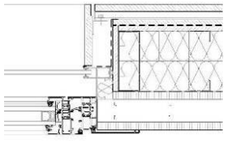


Jamba chapa metálica

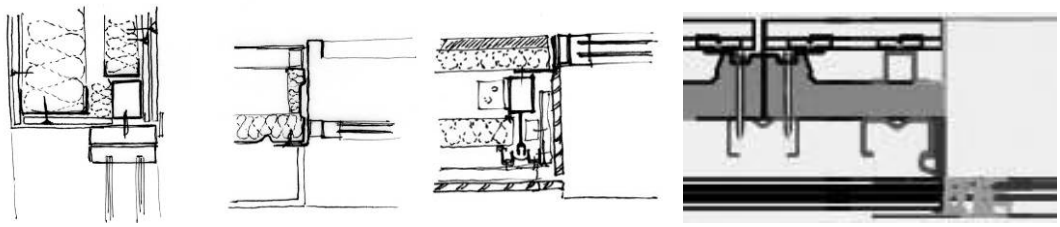
Observaciones sobre interfase ventana - fachada

Prestaciones	**Requerimientos**
+ Resistencia mecánica a choques, dilataciones...	+ Contempla persiana en cámara exterior
+ Compatibilidad química y eléctrica	- Construído in-situ
+ Estanqueidad al aire	+ Dimensiones libres
Estanqueidad al agua	+ Permite ventana a haces interiores y exteriores
Aislamiento térmico	Técnicas y materiales económicos
Aislamiento acústico	Minimiza mano de obra / materiales
+ Evita transmisión de vibraciones a a hoja interior	

Cuadro comparativo de prestaciones entre los sistemas de fachada estudiados

	+	+	+	-	-	-
Resistencia mecànica				 Aquapanel		
Estanqueidad al aire	 Aquapanel	 Eurohabitat	 Ulma	 FIV		
Estanqueidad al agua	 Eurohabitat			 Ulma	 FIV	
Aislamiento térmico				 FIV	 Ulma	 Innowall
Aislamiento acústico				 FIV	 Ulma	 Innowall
Transmisión vibraciones	 Innowall			 Aquapanel	 Eurohabitat	 Ulma

2.2.1.1.4. Valoración crítica de los referentes estudiados.



Del análisis individual de cada solución técnica y del cuadro comparativo se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. Las soluciones existentes se derivan de técnicas constructivas ya conocidas desde hace varios años, como los aplacados de piedra o la tecnología del muro cortina, evolucionadas para adaptarse a este tipo de fachada[15].
2. No existen soluciones universales que garanticen el cumplimiento de las prestaciones establecidas por el CTE.
3. A nivel de función portante las variantes son múltiples, aunque todas ellas basadas en la industria del metal. Desde el clásico premarco tubular anclado a forjado hasta el llamado *marco-telar*[16]. Existen ejemplos donde se aprovechan elementos portantes de otro subsistema para soportar la carpintería. Destaca la solución en que una subestructura de aluminio importada del muro de cortina sirve como soporte a una fachada ventilada de tres hojas más la carpintería.
4. Desaparece el dintel como elemento funcional de carga sobre la ventana, debido a que cada una de las hojas ligeras de la fachada tiene su propia subestructura de soporte.
5. La expulsión del agua de la cámara de aire no suele estar bien resuelta al llegar al dintel de la ventana. En la mayoría de soluciones existentes la barrera impermeable no acompaña el giro de la pieza de dintel. Se echa en falta un material específico de barrera contra el agua que pudiera atravesar la cámara de aire (lámina impermeable), cumpliendo la función que en la fachada convencional era garantizada por el espesor de la hoja de ladrillo.

   Así mismo, la ausencia de goterón en el límite exterior facilita que el agua pueda girar y dirigirse horizontalmente hacia la ventana.
6. Hacer girar el material que conforma la hoja exterior para formar el telar de la abertura, especialmente en aquellas soluciones con elementos colgados de una subestructura, implica muchas complicaciones técnicas derivadas del giro de dicha subestructura. Como consecuencia, aparecen diversas deficiencias en las envolventes térmica y acústica del edificio.
7. La existencia de persianas enrollables implica la interrupción de las diversas capas de fachada. Las soluciones para mantener la estanqueidad y el aislamiento son diversas, aunque ninguna de ellas es óptima.
8. La unión directa entre la hoja interior de la fachada y las aberturas podría implicar la transmisión de esfuerzos de viento a la hoja interior. Si ello sucediera, existe el riesgo de fisuras y deformaciones en la cara interior de la fachada.
9. Los sistemas con *marco-telar* optimizan el tiempo de obra y el número de operaciones de montaje.

---

[15] Para ampliar la información sobre este tema consultar el capítulo 2 del libro *La fachada ventilada y ligera*, de C. Pardal e I. Paricio (datos bibliográficos en la bibliografía).

[16] Según definición de Ignacio Paricio.

10. Al tratarse de elementos ensamblados en seco es posible el desmontaje selectivo de los diferentes materiales.

2.2.1.2. Componentes autónomos

2.2.1.2.1. Premarcos

Más allá del clásico premarco (antiguamente de madera y ahora de tubo metálico), con las únicas funciones de soportar la carpintería y garantizar el replanteo del hueco, ya hace algunos años se ha intentado aumentar la funcionalidad de este elemento. Ante el aumento progresivo del tamaño de las aberturas, dicho premarco empezó a anclarse a los forjados superior e inferior, colocándose antes de iniciar el tramo macizo de la fachada (primero de albañilería y progresivamente de elementos más ligeros).

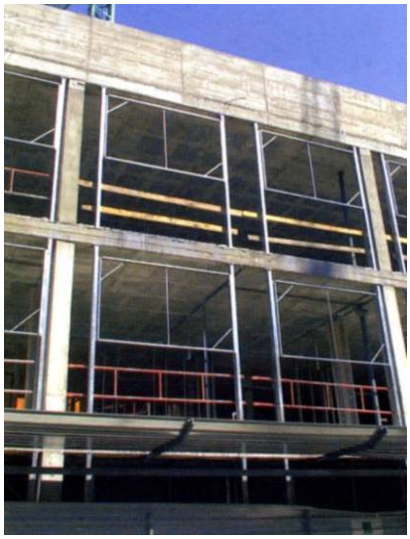


Imagen de *La fachada ventilada y ligera*

Imagen de *www.mecanofas.com*

Más tarde aumentó su profundidad, convirtiéndose en lo que I. Paricio ha denominado el *marco-telar* [17]. Se trata de una chapa metálica que suma nuevas funciones a la ya existente: por un lado servir de dintel de la hoja cerámica interior y/o exterior, y por el otro, de elemento de cierre de las cámaras de aire. Cada uno de sus lados podía tener una geometría diferente, obedeciendo a diferentes necesidades. Por ejemplo, mediante el plegado de la chapa se consigue mayor inercia para soportar las cargas verticales de la fachada y las horizontales del viento.

Para evitar que los forjados transmitan esfuerzos verticales a estos marcos-bastidor se emplean mechas. Éstas consisten en unos tubos en U con una pletina horizontal que se fija mecánicamente al forjado. Estos tubos tienen una sección algo menor que la del montante del bastidor, de manera que se introduce dentro de él, sin transmitirle las hipotéticas cargas verticales provinientes del forjado.

[17] *La fachada ventilada y ligera*, de C. Pardal e I. Paricio (datos bibliográficos en la bibliografía).

Imagen de *La fachada ventilada y ligera*

El elemento marco-telar presenta alguna deficiencia. Primero el hecho de estar compuesto de diversas chapas unidas entre sí (normalmente por soldadura), lo cual nos crea puntos débiles en las aristas. Y segundo, al ser metálico y continuo perimetralmente y desde el exterior del edificio hasta el espacio interior supone un puente térmico importante.

Algunas empresas han investigado en esta linea, y en el mercado existen algunas soluciones metálicas que solucionan esta deficiencia, mediante la creación de una "cámara" entre el premarco y la carpintería, destinada a contener poliuretano proyectado desde el interior, y que queda oculta por el tapajuntas interior. El premarco *Fix*, de Alumafel, además facilita la puesta en obra tanto del premarco como de la carpintería y el tapajuntas, permitiendo ejecutar las operaciones desde la cara interior de fachada.

Imagen de *Alumafel*

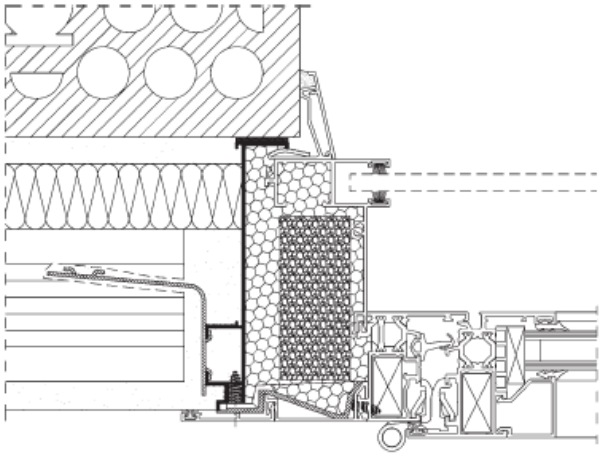


Imagen de *Alumafel*

Actualmente existe una variante de este telar, construído con resinas termoestables reforzadas, que ofrece las siguientes ventajas respecto a los anteriores:

- Superficie lisa, exenta de poros. Absorción de agua prácticamente lisa.
- Conformado mediante mediante moldeo. No presenta uniones ni soldaduras.
- Núcleo de espuma de poliuretano inyectada. Bajísimo coeficiente de transmisión térmica.
- Permite diferentes vuelos en jambas, dinteles..., permitiendo protección solar o de viento.
- Permite colocación de carpintería en cualquier posición (interior o exterior).

Como inconvenientes podríamos señalar los siguientes:

- Capacidad portante variada, según el tipo de resinas utilizadas.
- Ausencia de goterón (según modelos de la web de la empresa consultada).

Imagen de *Composites Jareño*

Imagen de *Composites Jareño*

Más allá de los productos que ofrece el mercado actual, también existen ideas innovadoras, de momento a nivel de patente, que es interesante mostrar en aquí.

Nos parece de especial interés la siguiente patente de premarco, desarrollada en España por Svetoslav M. Draganovsky (fecha de concesión 05/10/2010). Propugna un premarco-telar con las siguientes novedades respecto a las soluciones habituales hasta ahora:

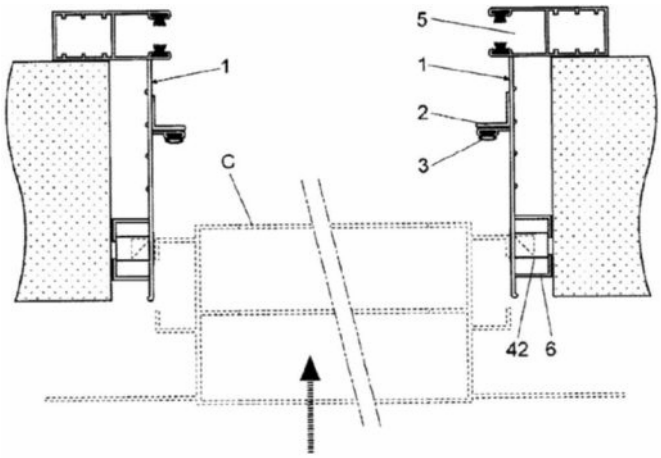


Fig. 3

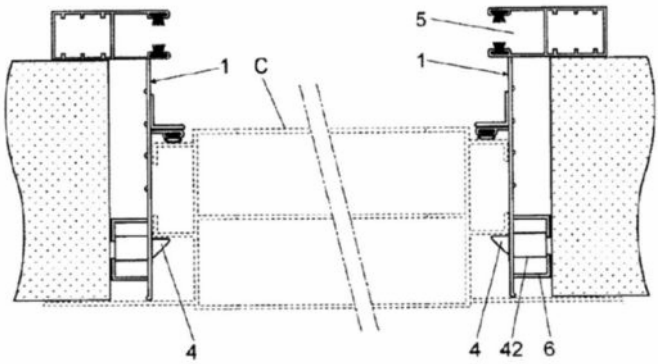


Fig. 4

Patente *Premarco para cerramiento*, de Svetoslav M. Draganovsky
(Fuente: www.patentados.com)

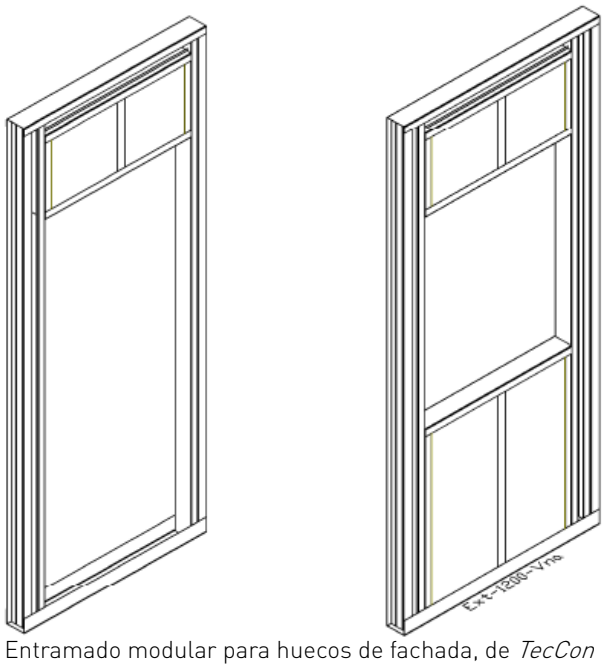
- Sustituye las fijaciones mecánicas (tornillos) por un resorte escamoteable [4] que quedan ocultos al introducir la carpintería [C], retornando a su posición original una vez que ésta alcanza su posición definitiva, e impidiendo que la carpintería pueda descolocarse.
- Contiene un perfil perimetral orientado hacia el interior del hueco [2], con una junta elástica de goma [3] que hace de tope al introducir la carpintería, por tanto facilita su puesta en obra.
- Dicha junta de goma también garantiza la estanqueidad entre premarco y carpintería sin necesidad de utilizar cordón de silicona. El resorte antes comentado presiona la carpintería contra dicha goma.
- Además el premarco [1] incorpora en su extremo exterior una guía pera persiana [5].

Aunque este prototipo posiblemente tenga alguna deficiencia en cuanto a la continuidad de las envolventes térmica y acústica, y su funcionalidad se vea comprometida, a nuestro juicio, para aberturas de gran tamaño, no deja de ser una linea de investigación muy interesante para el desarrollo de la interfase hueco-macizo.

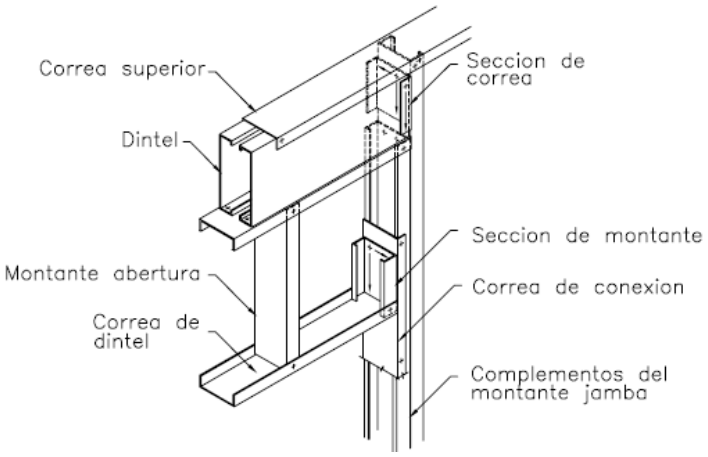
No queremos abandonar el capítulo de premarcos sin antes hablar de un sistema constructivo totalmente independiente de la fachada ventilada como la hemos tratado hasta ahora, pero con unas ciertas similitudes a nivel de hoja interior que quizás puedan sugerirnos una nueva vía de actuación.

Nos estamos refiriendo a la construcción de entramado estructural ligero de acero galvanizado, tipo *steel frame*. Aunque la reflexión se podría hacer extensible a la construcción *platform frame* de madera, vamos a ceñirnos aquí al caso del acero, dado que en España las tabiquerías y trasdosados son mayoritariamente de este material.

Los muros y tabiques construidos en *steel frame* consisten en un entramado modular prefabricado, realizado con perfiles delgados de acero conformados en frío, unidos mediante tornillos autorroscantes. La unión sucesiva de cada uno de estos módulos compone el cerramiento del edificio. Existen diversos tipos de módulos: el panel ciego y el panel de abertura. Sin que sea necesario profundizar más sobre el tema, estudiaremos uno de estos paneles de abertura.



Entramado modular para huecos de fachada, de *TecCon*



Detalle del refuerzo del entramado sobre los huecos. *CLG Engineering*

Este sistema supone la unión, en un solo elemento montado en taller, de la subestructura de la hoja interior ligera de fachada con el soporte para la carpintería. Además garantiza el replanteo de la ventana en la misma operación en que se define la posición de la fachada respecto al límite de forjado. Para el caso de aberturas de gran tamaño la posibilidad de rigidizar en taller el "dintel" y las "jambas" nos asegura la función portante.

De hecho, pensamos que la no implantación del steel frame como sistema industrializado de hoja interior de fachada, con los diferentes módulos premontados en taller responde a diversas cuestiones, que podríamos calificar de barreras a la innovación:

- Barrera tecnológica: a diferencia del aluminio, en España está muy poco implantado el plegado de chapa de acero galvanizado.
- Barrera presupuestaria: del punto anterior se deriva, lógicamente, un coste económico más elevado.

Posiblemente si el módulo que contiene las ventanas se complementara con más accesorios (persiana, aletas de cerramiento de la cámara de aire, etc) quedaría compensado su mayor precio con el ahorro de tiempo en la puesta en obra y la reducción de industriales que se verían implicados.

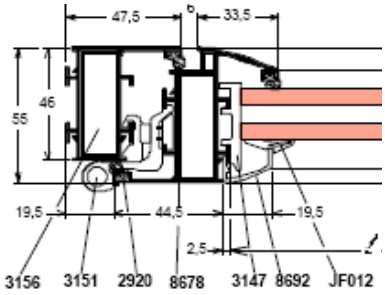
2.2.1.2.2. Carpinterías

La carpintería en sí queda fuera del ámbito de este estudio, en cuanto que lo que nos interesa es la transición entre ésta y la fachada. Además, serían necesarias muchísimas páginas para poder analizar este elemento constructivo con la atención que se merece.

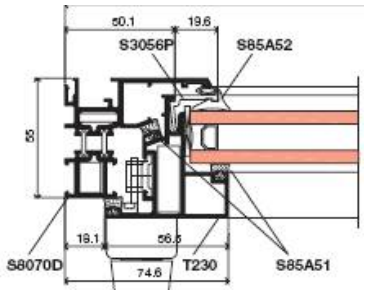
En cualquier caso, sí que nos parece de recibo hacer algún comentario sobre la evolución de la carpintería desde la perspectiva de la profundidad dimensional.

Las prestaciones acústicas y térmicas que se exigen a la envolvente de cualquier edificio se han ido incrementando con el paso del tiempo. Aunque aún estamos lejos de alcanzar las prestaciones de otros países de nuestro entorno, el CTE aprobado en 2006 supuso una mejora significativa respecto a las anteriores NBE-CA-88 y NBE-AT-87.

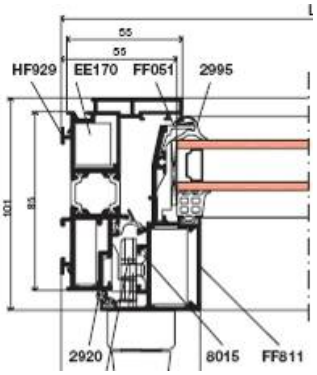
Por tanto, no hay más que consultar el catálogo de cualquier empresa de carpinterías para darse cuenta de cuánto ha aumentado su espesor. Ya sea por las diferentes lunas de vidrio con sus consiguientes cámaras de aire estancas, por las bandas de poliamida que conforman la rotura del puente térmico, o por la inclusión de la protección solar incorporada en una gran cámara intermedia, la tendencia es que el espesor de la carpintería vaya aumentando paulatinamente. Por ejemplo, Technal presenta una gama donde el espesor de la carpintería va desde los 46 mm hasta los 115 mm.



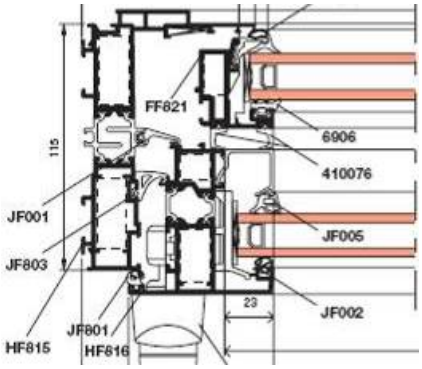
Gama Topaz, de *Technal*



Gama N'Epure, de *Technal*



Gama Unicity, de *Technal*



Gama Unicity Plus, de *Technal*

En este punto es importante la siguiente consideración. El hecho de tener una fachada ventilada ligera no debe llevarnos a pensar que se trata de una fachada de poco espesor. Por el contrario, tras algunos intentos, hace algunas décadas, de intentar minimizar el espacio ocupado por la fachada sin la obtención de los resultados esperados, la tendencia actual es de mantener un espesor igualo incluso mayor que en la fachada convencional.

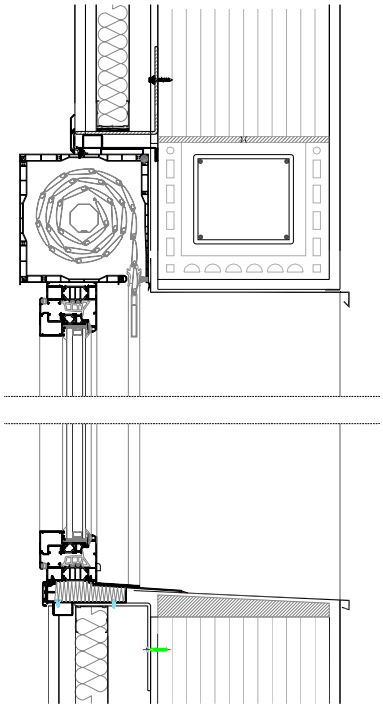
La clave es que los materiales utilizados en la resolución del cerramiento son muy poco densos: paneles de aislamiento térmico, placas de yeso laminado, láminas impermeabilizantes y, sobre todo, aire. En efecto, posiblemente sea el aire el elemento constructivo más importante de la fachada, a quien se le encomiendan funciones de estanqueidad y confort higrotérmico.

Como consecuencia de la no disminución de espesor de la fachada es posible que los fabricantes de carpinterías desarrollen productos de gran espesor como los que mostramos en la imagen superior.

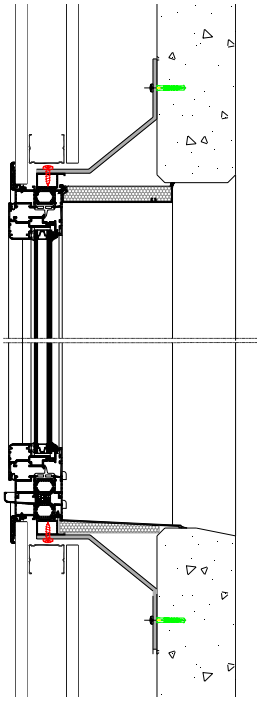
Este hecho tendrá algunas implicaciones a nivel de la interfase hueco-macizo:

- Aumento de la capacidad portante, para poder soportar el mayor peso de las carpinterías.
- Mayor anchura de la zona de unión física entre carpintería y elemento de soporte.

Por otro lado, los propios departamentos de ingeniería de algún fabricante de cerpinterías desarrollan el detalle constructivo de la interfase para proyectos de cierta complejidad. Se ha podido obtener de Cortizo alguno de estos detalles.



Por cortesía de *Cortizo*



Por cortesía de *Cortizo*

Nos parece de especial interés el detalle de la derecha, ya que aporta una novedad que no habíamos visto hasta ahora. En él se muestra cómo la carpintería, aún estando enrasada con la cara interior de la fachada, depende estructuralmente de la hoja exterior de la fachada, mediante una plancha plegada, atornillada al panel de hormigón.

Entendemos que esta posibilidad es posible técnicamente debido a las siguientes causas:

- La hoja exterior es de paneles prefabricados de hormigón, por tanto muy pesada. Las deformaciones que puede sufrir por las acciones de viento son muy pequeñas , y por tanto asumibles por la carpintería.
- La hoja interior es totalmente independiente de la carpintería, para no sufrir las posibles consecuencias de los empujes de viento.
- La cámara de aire no es ventilada. De este modo no está previsto que el agua pueda colarse por dentro de la cámara. Si lo hiciera, la presencia de esta chapa continua por todo el perímetro de los huecos dificultaría enormemente el drenaje.

Además podemos hacer otros comentarios sobre este detalle constructivo:

- La estanqueidad de la interfase no está demasiado bien resuelta. La ausencia de goterón en el panel situado sobre la ventana, junto con la entrega un tanto endeble entre chapa y panel, hace que el agua pudiera llegar a traspasar y depositarse sobre la bandeja que hace de dintel. Así mismo, la chapa de vierteaguas no sobresale sobre el plano de fachada, por lo que con toda seguridad se ensuciará la fachada cuando el agua arrastre el polvo depositado sobre dicha chapa.

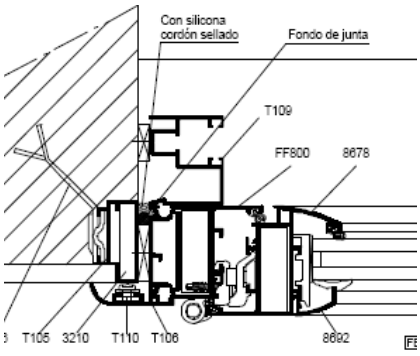
2.2.1.2.3. Persianas

De igual manera que en las carpinterías, haremos sólo algún comentario, sin entrar a analizar a fondo el mundo de la persiana.

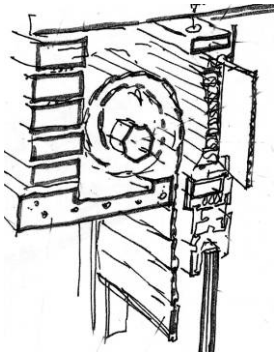
El tipo más habitual en España es la persiana enrollable. Nos fijaremos únicamente en dos

aspectos:

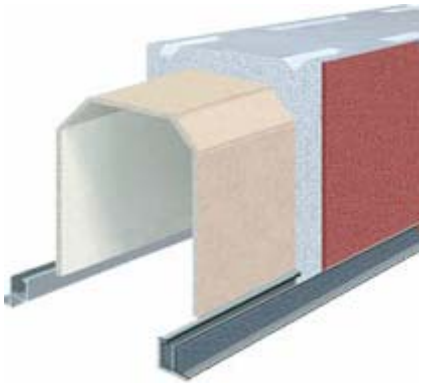
- El cajón de persiana. Históricamente ha sido el mayor puente térmico y acústico de toda la fachada. En Catalunya se suele utilizar el cajón prefabricado e independiente de la carpintería. En los últimos tiempos se vienen fabricando con materiales aislantes, como el poliestireno expandido (EPS), para minimizar dichas deficiencias de la envolvente. En otras zonas de España es bastante usual el tipo monoblock, que unifica ventana y persiana en un solo kit construido enteramente en PVC.
- La guía de persiana. Recientemente va unida a la carpintería mediante un perfil metálico o de PVC de diferentes anchuras (ver imágenes), de manera que se crea una continuidad material capaz de ocultar el interior de la cámara de aire. Cabría la opción de que la guía estuviera incorporada en un marco-telar.



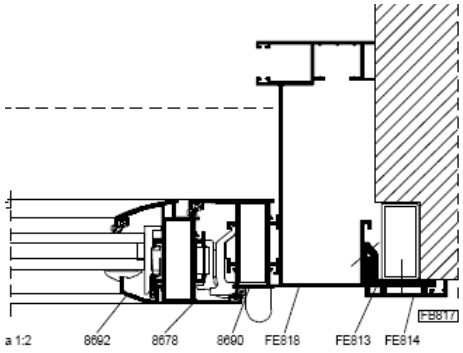
Guía de persiana incorporada a carpintería. *Technal*



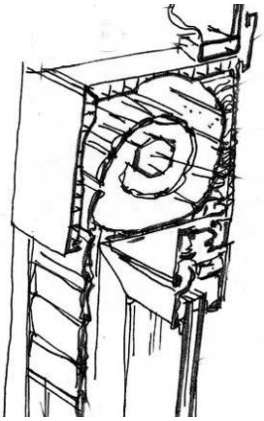
Cajón de persiana de obra. Del Manual de Ventana, de *Asefave* (X. Ferrés)



Cajón persiana prefabricado. *Fasel*

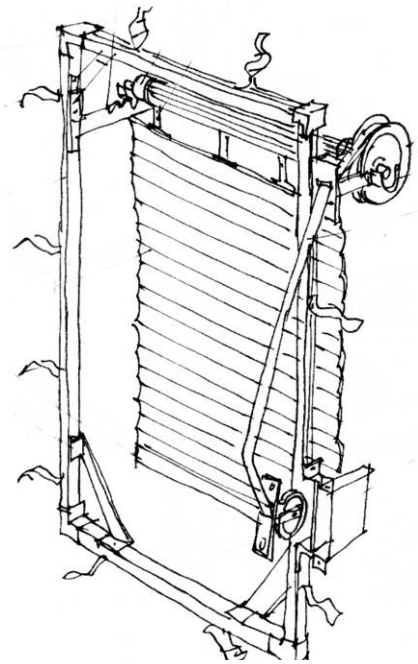


Carpintería y persiana monoblock. *Technal*



Cajón de persiana monoblock.
Del Manual de Ventana, de *Asefave* (X. Ferrés)

También existe la opción de incorporar todo el mecanismo de la persiana enrollable en el premarco, dejando únicamente el cajón para colocar in situ en la obra. De este modo el proceso de obra se simplifica, ya que llega a obra un elemento (casi nos atreveríamos a llamarle componente) montado en taller.



Esquema extraído de Manual de Ventana, de *Asefave* (X. Ferrés)

Pese a todas las mejoras que se hayan podido implementar en la persiana enrollable, la verdad es que el cajón de persiana interior sigue constituyendo una interrupción de las diferentes hojas de fachada. Muchos arquitectos ya detectaron este fenómeno de la persiana como causante de puentes térmicos y acústicos, condensaciones y otras patologías. Por eso se consideraron paradigmáticos algunos proyectos del equipo MBM (escola Thau, edificio Eduardo Conde), que colocaron la persiana enrollable y todos sus elementos totalmente por el exterior del plano de fachada. Más recientemente, Callís-Wortham Arquitectos han recuperado la persiana por el exterior de la fachada en su proyecto del Paseo Urrutia de Barcelona.

Viviendas para mayores en Paseo Urrutia (Barcelona) de Callís-Wortham. Foto del autor

Imagen de *Gradusol*

Obviamente si este tipo de persiana no ha triunfado es debido al impacto estético que supone en el plano de fachada. Como en tantas otras ocasiones, la estética se antepone a la función.

Otro tipo de persiana que podría conjugar una estética más "pura" y la no interrupción de las diferentes hojas de la fachada es la persiana de lamas apilables. No tienen bombo, ya que quedan recogidas sobre la ventana, apiladas una encima de otra y escondidas en un nicho. Podríamos decir que son una evolución de la persiana veneciana clásica. Aunque es España su uso es totalmente anecdótico, en países del norte de Europa se viene utilizando con cierta asiduidad. Otra gran ventaja de la persiana apilable es que no hay relación entre la altura de la persiana y la anchura del bombo y, por tanto no muestran la "mochila" en el espacio interior como sí hacen las enrrollables tradicionales.

Persiana apilable en nicho o con tapa frontal. *Griesser*

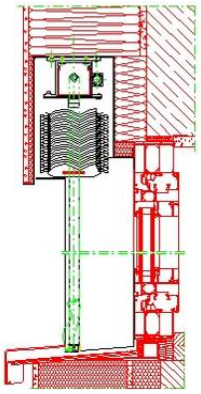


Imagen de *Warema*

Este tipo de persiana nos sugiere inmediatamente su utilización en la fachada ventilada, escondiendo el soporte en la cámara ventilada. Posiblemente su precio sea todavía un handicap para su implantación a gran escala.

También existe la posibilidad de insertar la persiana veneciana en el interior de la ventana, aunque para ello son necesarios acristalamientos con tres cámaras de aire. No entraremos ahora a hablar de la absorción de la radiación por parte del vidrio ni del efecto invernadero. La imagen adjunta se corresponde al detalle en planta que hamos visto de la gama Unicity Plus de *Technal*, al hablar de carpinterías.

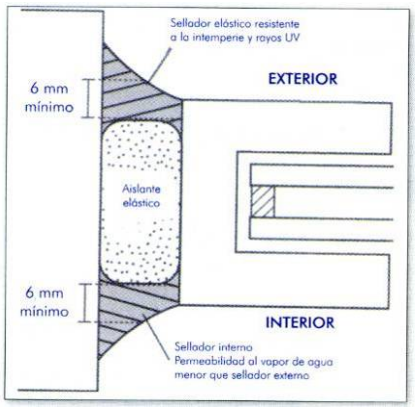
Gama Unicity Plus, de *Technal*

2.2.1.2.4. Elementos de sellado

Desde el momento en que el plano de fachada se ve interrumpido por los huecos, cabe pensar que en las juntas entre diferentes elementos o materiales se vaya a necesitar algún elemento que nos garantice las prestaciones descritas anteriormente en cuanto a estanqueidad frente al agua y al aire, así como al aislamiento térmico y acústico.

Ya se ha hablado con anterioridad de las prestaciones que han de cumplir los elementos de sellado. Ante la gran cantidad de juntas y cambios de material que aparecen en la interfase hueco-macizo, podemos establecer, sin ánimo de ser exhaustivos, diversos tipos de sellado:

- Sellado entre acristalamiento y carpintería. No entra dentro del ámbito de estudio de este trabajo, ya que lo consideramos como parte del elemento ventana.
- Sellado entre carpintería y paramento. Consta de sellado interior, aislante térmico (normalmente espuma) y sellado exterior. El anexo 5.4 desarrolla este tema con más detenimiento.



2.3. Campaña de campo

2.3.1. Muestra de proyectos de arquitectura en los que se aborda esta problemática.

Con objeto de poder conocer el tipo de abertura que se está proyectando en nuestro entorno más próximo, considerando aspectos tipológicos y no constructivos, se ha analizado una muestra de proyectos de arquitectura realizados en fechas recientes en Catalunya. El ámbito de estudio se ha limitado a la vivienda de protección oficial, promovida por el Incasol[18], y para ello se han tomado como muestra los 23 proyectos que componen la publicación "CAT - Concurs Assistència Tècnica vol.9, 2009".

Como comentario previo se quiere recordar que todos estos proyectos son presentaciones para concurso. Por tanto, se encuentran en fase de anteproyecto, con las consiguientes reservas que eso supone para el análisis detallado de cualquiera de sus elementos.

En el anexo 5.5 se encuentran las fichas de todos los proyectos analizados, así como una tabla analítica de la tipología de aberturas de cada uno de ellos. A continuación reproducimos el resumen de los resultados.

[18] Institut Català del Sòl. Entidad dependiente de la Generalitat de Catalunya, encargada, entre otras cosas, de la promoción pública de vivienda.

PARÁMETROS DE ANÁLISIS DE LAS ABERTURAS		
	Posición en espesor fachada	100%
		26%
		22%
	Geometría	35%
		17%
		65%
		91%
	Agrupación ventanas	96%
		35%
		9%
	Relación con el forjado	48%
		74%
		39%

De esta tabla pueden sacarse las siguientes conclusiones, insistimos, relativas a aspectos tipológicos:

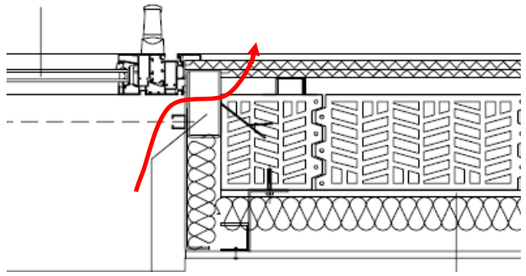
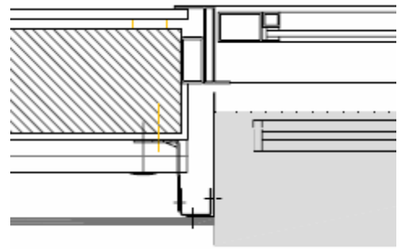
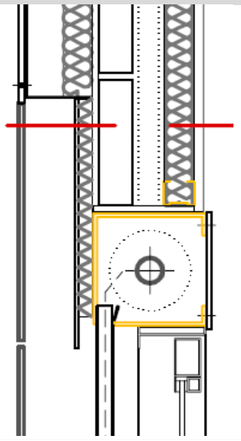
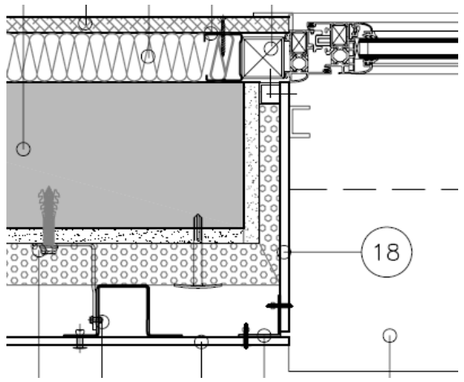
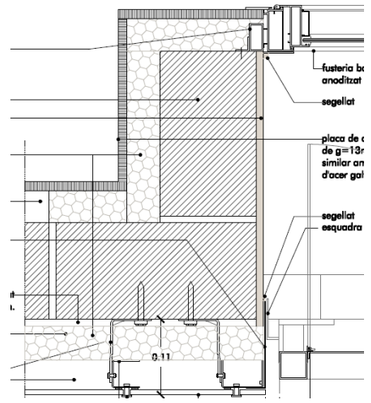
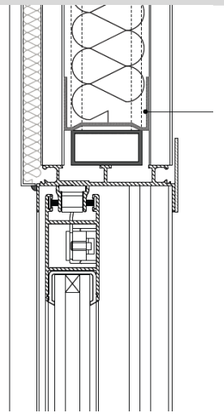
1. En vivienda siempre se plantean ventanas enrasadas por la cara inferior de la fachada. Ya se ha hablado anteriormente de las ventajas de las aberturas a haces interiores en un clima como el nuestro, por lo que no es necesario añadir más comentarios.
2. La inmensa mayoría de edificios de vivienda proyectados dispone de grandes aberturas (tipo balconera). Este hecho responde a que es el tipo de abertura mayoritario en salas de estar.
3. Además, el uso de la ventana de formato vertical está más extendido que las geometrías cuadradas o apaisadas.
4. El uso de ventanas individuales es más frecuente que las ventanas agrupadas, aunque éstas últimas también se utilizan con cierta frecuencia.
5. Los datos de la tabla que aparecen en letra cursiva de color rojo se refieren a los porcentajes de proyectos que disponen de algún método de protección solar. Lógicamente este dato es muy poco fiable, ya que en las imágenes para concurso que se han podido consultar no suelen aparecer este tipo de elementos.

2.3.2. Muestra de nuevas obras de arquitectura en las que se aborda esta problemática.

Una vez que ya hemos estudiado las soluciones que propone la industria para resolver el encuentro entre hueco y macizo, y hemos visto el tipo de aberturas que están proyectando los arquitectos de nuestro entorno, creemos que el último paso para poder conocer la realidad que envuelve a este tema es focalizar nuestra atención en obras ya construídas o en proceso de construcción, para observar cómo se han enfrentado a la problemática que nos ocupa.

Dividiremos estos casos de estudio en tres grupos.

1. En primer lugar estudiaremos varios edificios de vivienda de protección oficial promovidas por el Incasol, recientemente construidas, de las cuales se ha podido conseguir el detalle constructivo de la interfase fachada-ventana. Sobre ellas queremos hacer algunas aclaraciones previas:
   - El hecho de estar ya construídas nos impide poder certificar que la equivalencia entre lo proyectado y lo construído sea absoluta, o ni siquiera parcial.
   - Por tanto el análisis se realiza sobre los detalles del proyecto de ejecución. En algunos casos encontramos el detalle constructivo de la sección horizontal (jamba) y en otros también podremos estudiar la sección vertical (dintel).
   - Como veremos, se trata de fachadas ventiladas de hoja interior pesada. Por tanto, no se ajustan al tema específico de estudio de esta tesina. En cualquier caso, el hecho de ser la vivienda el tipo de construcción mayoritario nos invita a observar cómo se resuelve el concepto interfase en esta tipología edificatoria. Además, y como mal menor, suponen un avance frente a lo que en la introducción hemos llamado fachada convencional y, por tanto, nos ha parecido de interés incluirlas.
2. Después seguiremos con el estudio de algunos edificios recientemente construídos, en este caso sí, con fachada ventilada de hoja interior ligera. Se trata de un hotel y un edificio corporativo.
3. Por último añadiremos imágenes de una obra en curso. También se trata de una fachada ventilada de hoja interior ligera. Aunque está en proceso de construcción en el momento de redactar estas líneas, y no está ni mucho menos acabada, nos servirá para poder analizar algunas de sus prestaciones.

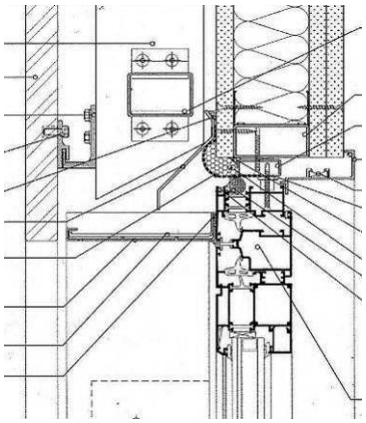
CARDEDEU	Briz – Fumadó – Fumadó - Puig	***RUBÍ***	Bacardí – Armengol (BAMMP)
			 
SALLENT	Massana - Estruch	***SANT POL DE MAR***	Casanovas - Eeltink
			 

Observaciones sobre interfase ventana - fachada

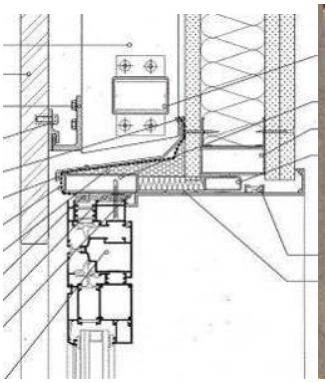
- La función del premarco va más allá de la simple recepción de la carpintería. Cada una de sus caras cumplen funciones diferentes:
  - → recepción carpintería + recepción de elemento jamba + soporte guía persiana
  - → fijación de trasdosado interior
  - → fijación de 1ª capa de trasdosado interior + unión de premarco a obra de fábrica
  - → recepción de aislante térmico
- La eficacia de las envolventes térmica y acústica disminuye sensiblemente (en unos casos más que en otros). Aparición de puentes térmicos y acústicos.
- En los ejemplos de la derecha vemos cómo la zona de fachada sobre las ventanas (dintel) se ha aligerado. Dado que es la zona de mayor exigencia estructural, supone el primer paso hacia una fachada ligera e industrializada.
- La fachada ventilada de hoja interior ligera todavía no es contemplada como opción generalizada en vivienda de protección oficial.

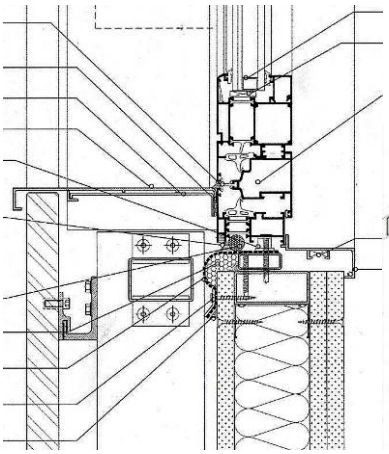
HOTEL AC FORUM	***Barcelona***	Fachada ventilada ligera MAP Arquitectes (Fachada de Ferrés Arquitectos)

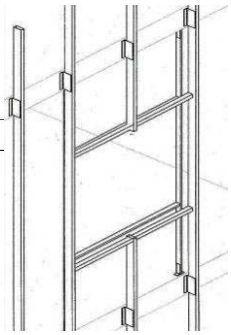
Haces interiores

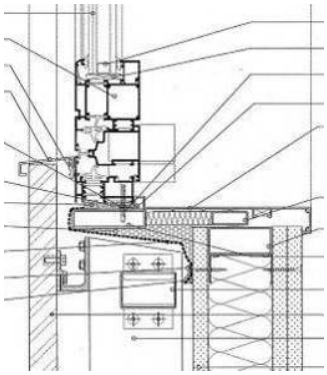


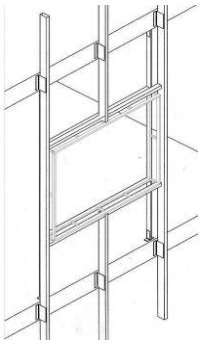
Haces exteriores











Observaciones sobre interfase ventana - fachada

Prestaciones	**Requerimientos**
Resist. mecánica a choques, dilataciones...	- No contempla persiana
+ Compatibilidad química y eléctrica	Construído en taller
+ Estanqueidad al aire	+ Libertad de dimensiones
+ Estanqueidad al agua	+ Permite diferenes posiciones de ventana
+ Aislamiento térmico	+ Técnicas y materiales económicos
Aislamiento acústico	Minimiza mano de obra / materiales
Transmisión de vibraciones	+ Solución reversible

* Premarco tubular anclado a forjado, independiente de hoja interior y exterior.

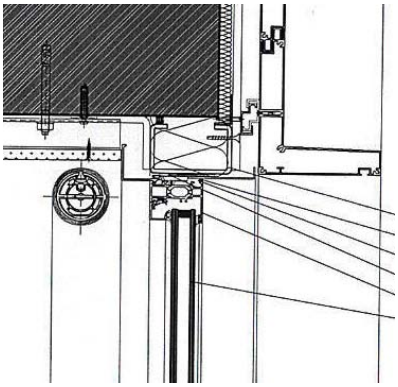
** Las envolventes térmica y de estanqueidad están bien resueltas, aunque de forma bastante "artesanal".

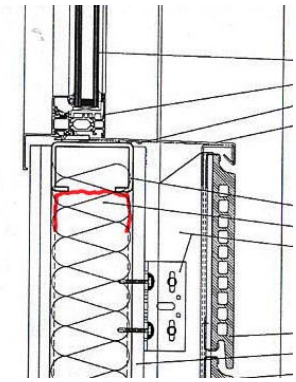
*** Incorpora lámina impermeable entre carpintería y premarco.

**** Presencia de goterón en todos los puntos críticos.

EDIFICIO RBA	***Barcelona***	Fachada ventilada ligera MBM Arquitectes (Fachada de Ferrés Arquitectos)

Sección





Fotografías de montaje

Observaciones sobre interfase ventana - fachada

Prestaciones	**Requerimientos**
Resist. mecánica a choques, dilataciones...	- No contempla persiana (aunque sí cortina interior)
+ Compatibilidad química y eléctrica	Construído en taller
+ Estanqueidad al aire	+ Grandes dimensiones
+ Estanqueidad al agua	Ventana a haces interiores
+ Aislamiento térmico	+ Técnicas y materiales económicos
Aislamiento acústico	Minimiza mano de obra / materiales
Transmisión de vibraciones	+ Solución reversible

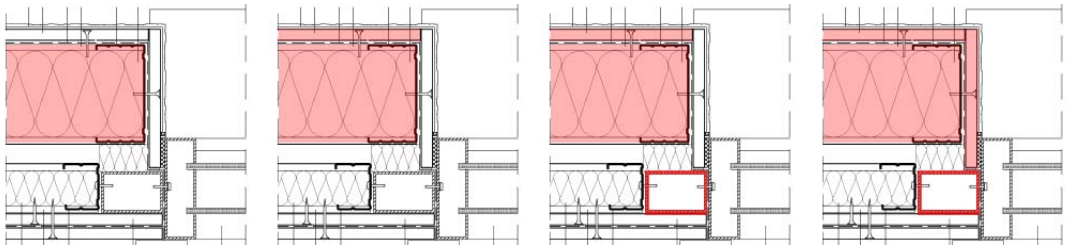
* Las envolventes térmica y de estanqueidad están bien resueltas.

** Incorpora lámina impermeable entre carpintería y premarco.

*** Presencia de goterón en todos los puntos críticos.

PARVULARIO XIROI (en construcción)	***Barcelona***	Fachada ventilada ligera (se desconoce arquitecto)

Fotografías de montaje



Observaciones sobre interfase ventana - fachada

- Premarco fijado a estructura portante del edificio.
- Se ha colocado después de asegurar la estanqueidad del plano de fachada.
- Premarco sencillo, sin más funciones añadidas, que deberán ser resueltas mediante elementos accesorios.

2.4. Análisis valorativo como conclusión de parte 2

Una vez hemos concluido con el recorrido que nos habíamos trazado es el momento de mirar hacia atrás para poder valorar de manera crítica el estado de la cuestión.

En primer lugar nos encontramos que, sorprendentemente, la fachada ventilada no está contemplada en los Documentos Básicos del CTE. En consecuencia, la mayor parte de los cerramientos de fachada ventilada deben ser planteados como *soluciones alternativas* del CTE con lo que debe justificarse su cumplimiento mediante el establecimiento de la equivalencia de las prestaciones respecto a las que se obtendrían de aplicar los DB.

Las causas de esta situación estriban en varios factores: para empezar, el hecho de que el CTE sea, en la mayoría de DB's, una norma únicamente prestacional y no tecnológica. Esto hace que los sistemas constructivos novedosos no se vean reflejados en esta ley, debido a que ésta está planteada para la construcción de tipo convencional. Si además estamos estudiando una cuestión de reciente aparición, como es la interfase entre una fachada multicapa de elementos de poco espesor y la abertura, el problema se magnifica. Por tanto llegamos a la conclusión de que dicha interfase se encuentra en un vacío legal.

Este limbo normativo es especialmente flagrante en algunas prestaciones concretas. Por ejemplo, en la protección contra incendio se establece una contradicción, ya que las exigencias de reacción de los materiales ante el fuego en los casos de propagación interior y exterior difieren sensiblemente. Por tanto, considerando que la interfase hueco-macizo puede llegar a materializarse en un elemento constructivo continuo desde el interior hasta el exterior nos será difícil discernir la reacción ante el fuego exigible a dicho elemento.

De igual manera, el DB-HR Protección contra el ruido establece unos valores máximos de transmisión de sonido para el tramo opaco de la fachada y para la ventana. De momento no hay regulación para la interfase: ¿debemos adoptar los mismos valores que la fachada o de la ventana?

A partir de esta aseveración podemos entender que los diferentes sistemas integrales de fachada ofrezcan diversas soluciones para intentar garantizar el cumplimiento de los requisitos prestacionales. En cualquier caso, habiendo analizado todos ellos vemos que, a día de hoy, no existe ninguno que satisfaga completamente dichas prestaciones: no hay soluciones universales. Y es lógico. Si al ya comentado vacío legal le añadimos que por lo general se trata de sistemas muy recientes, y que su penetración en el mercado español es todavía muy lenta, podemos entender que aún falta un largo camino por recorrer para que la industria pueda solucionar estas deficiencias.

Como ya se ha comentado anteriormente, la continuidad de las envolventes térmica y acústica es un punto débil en la mayoría de sistemas, ya sea por la existencia de caja de persiana, por el giro de la hoja exterior de fachada o por otros factores.

Así mismo, también hemos visto que el drenaje de la humedad que atraviesa la hoja exterior y penetra en la cámara de aire no está bien resuelta al llegar al hueco.

De hecho, en conversación informal con algunas de las empresas que comercializan estos sistemas, ellas mismas reconocen que el encuentro de la fachada con la ventana todavía no está resuelto de manera satisfactoria.

Sin embargo, más allá de los sistemas integrales de fachada hemos hecho un pequeño recorrido por los diversos componentes que forman la interfase de manera individualizada. Sin duda el mercado ofrece productos que podrían aportar mejoras sensibles a la interfase. La oferta existente de premarcos de diversa índole aporta mejoras en cuanto a desaparición

del puente térmico, optimización de la puesta en obra... También hemos hablado de las persianas apilables. La desaparición del bombo abre nuevas expectativas en cuanto a la continuidad de las diversas envolventes.

Es necesario que las diversas ramas de la industria remen en la misma dirección para poder adaptar estos y otros elementos a las condiciones locales y optimizar su uso en combinación con el resto de subsistemas de la fachada para hacer que se conviertan en opciones competitivas técnica y económicamente.

En cuanto a la obra construida, existe claramente una dualidad entre vivienda y otros usos como oficinas u hoteles.

En vivienda[19] todavía no se contempla el uso de fachadas de hoja interior ligera. Pese a todo, parece que empieza a superarse poco a poco la fachada convencional. Por un lado, ya se ha sustituido el enyesado interior por un trasdosado de yeso laminado. Y aunque sigue existiendo una hoja interior pesada cerámica, el premarco está evolucionando poco a poco. No sólo sirve para fijar la carpintería como antaño, sino que está adquiriendo nuevas responsabilidades, como soporte del cerramiento de la jamba, la guía de persiana, el aislamiento térmico o el trasdosado interior.

Además, en el borde superior de la ventana, que es el que presenta mayor dificultad técnica (debido al dintel y a la persiana), ya empieza a haber indicios de cambio hacia una hoja interior ligera. Entendemos y esperamos que se trate del inicio del tránsito hacia la total industrialización de la fachada en vivienda.

En cuanto a otros usos, hemos estudiado dos edificios de reciente construcción en la zona Forum de Barcelona. Aunque el análisis es sesgado, ya que ambas fachadas han sido diseñadas por el mismo consultor de fachadas, se trata de dos ejemplos en que se da un óptimo cumplimiento de la mayoría de prestaciones, y que marcan el camino a seguir. Sin embargo, no dejan de ser soluciones pseudoartesanales.

[19] Volvemos a recordar que en esta tesina se han tomado como muestra viviendas de protección oficial.

3. PARTE PROPOSITIVA

3.1. Aspectos de mejora a nivel de exigencias

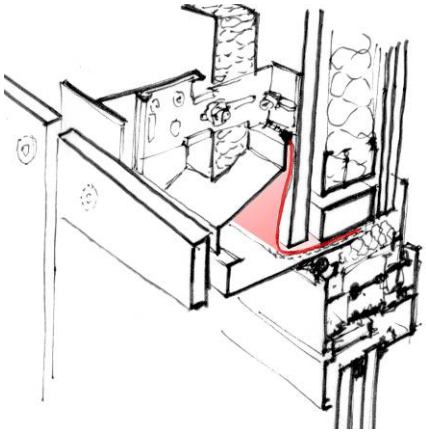
Para empezar la parte propositiva de la tesina, nos gustaría, en primer lugar, sintetizar qué aspectos de la interfase son susceptibles de desarrollo.

Prestaciones (exigencias formales)

A nivel prestacional hay varios aspectos que contemplan un amplio margen de mejora.

Estanqueidad al agua

A nivel de la unión entre carpintería e interfase, hemos visto en las fachadas diseñadas por X. Ferrés (analizadas en la campaña de campo) una mejora sustancial respecto a los sistemas integrales de fachada ventilada observados en el apartado Benchmarking. Ferrés siempre coloca una lámina impermeable adhesiva que hace girar por encima de la placa que cierra la hoja interior de la fachada, reforzando la estanqueidad en este punto. Lógicamente sin prejuicio de la barrera impermeable situada por la cara exterior del aislamiento térmico.



Croquis realizado por el autor a partir de un dibujo de X. Ferrés

Pese a que cada vez existen productos de sellado más efectivos y durables, creemos conveniente recuperar la geometría como estrategia para mejorar la estanqueidad de la interfase.

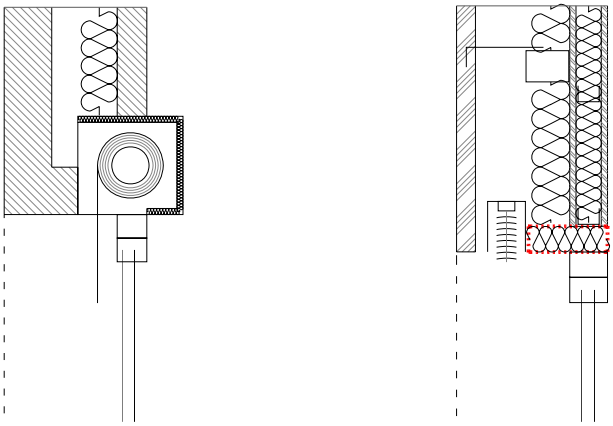
También se pretende mejorar el drenaje de la cámara ventilada al llegar al dintel, asegurande que el agua es expulsada y no se acumula sobre la tapa inferior de la cámara.

Confort térmico

Los puentes térmicos que hemos visto en la mayoría de sistemas integrales de fachada tienen que minimizarse si queremos que no haya puntos de intercambio térmico entre interior y exterior.

La lógica constructiva de la fachada ventilada ligera, formada por diversas capas muy especializadas, es opuesta a la la lógica de la fachada convencional, en que la hoja exterior de gran grosor giraba al llegar al hueco. Por ello, y para que la interrupción física de las capas de fachada en la interfase hueco-macizo sea compatible con la continuidad funcional de los diversos sistemas envolventes, es necesario idear un elemento o sistema capaz de aglutinar el cumplimiento de las prestaciones normativas de la fachada.

Así mismo, creemos conveniente eliminar o depurar los elementos que rompen dicha continuidad, como por ejemplo la caja de persiana. Para ello pretendemos utilizar la capa más importante y polifuncional de la fachada ventilada, el aire, para colocarla. Es decir, se buscará independizar físicamente la persiana de la ventana, tanto conceptualmente como a nivel de montaje en obra.



Requerimientos (exigencias informales)

A partir de la coyuntura económica es necesario optar por aquellos métodos que lleven implícita una reducción del coste económico. Para ello, y analizando las tendencias actuales de industrialización y sostenibilidad, intentaremos valorizar aquellas estrategias que optimizan la secuencia de montaje en obra y minimizan los trabajos in-situ.

3.2. Presentación de diversas alternativas de perfil de producto (taxonomía)

En base a los puntos susceptibles de mejora que acabamos de nombrar, vamos a sugerir alternativas de perfil de producto que podrían tener futuro para conformar la interfase hueco-macizo.

No es el objeto de esta taxonomía definir de manera detallada dichos productos. Esto queda fuera del alcance de este trabajo. Pero sí que nos parece adecuado apuntar posibles vías de investigación, y arrojar algunas luces y, sobretodo, muchas sombras, de cara a que alguien recoja el guante.

Queremos plantear dos posibles estrategias muy diferentes entre sí, tanto a nivel de enfoque funcional como desde la óptica de la tecnología utilizada:

1. Elemento metálico

   Se pretende aprovechar la inercia de la industria del acero, que es la que hasta ahora ha tenido y está teniendo más protagonismo en la fachada de estructura ligera. Sin embargo, introduciremos ciertas variantes, tomando prestados algunos conceptos del *steel frame*. Esta estrategia irá enfocada principalmente a la función portante y a su relación con el resto de la fachada.

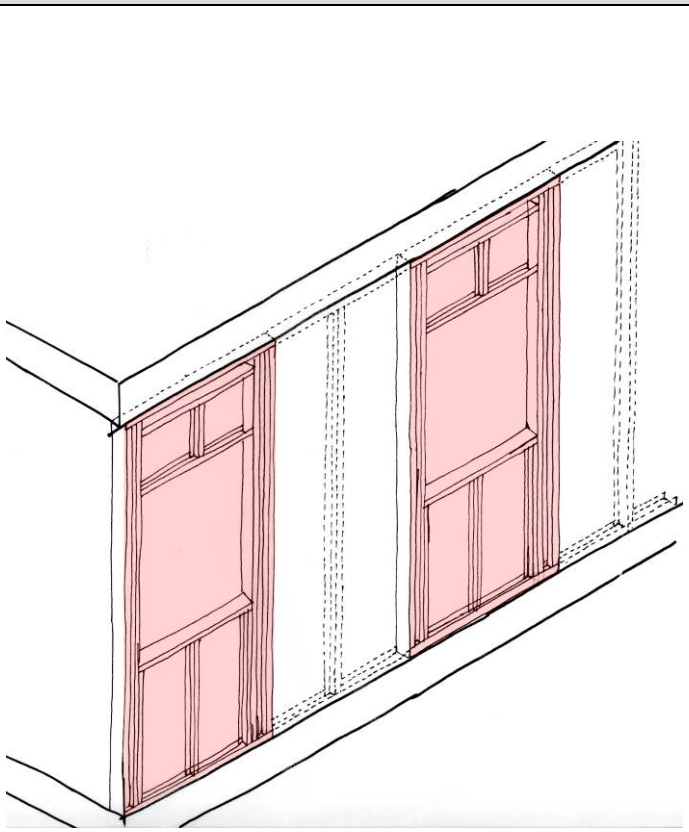
2. Elemento no metálico

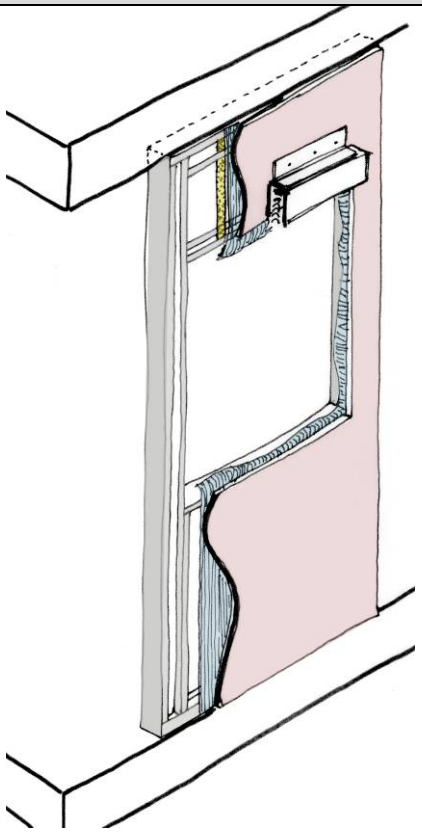
   Queremos proponer también la utilización de nuevos materiales. Plantearemos un componente multifuncional de material composite capaz de dar respuesta satisfactoria a algunas de las prestaciones normativas y asumir los requerimientos analizados en la parte descriptiva de este trabajo.

Pretendemos que ambas estrategias no sean excluyentes entre sí, pudiendo incluso llegar a ser complementarias.

Bastidor de fachada tipo *steel frame*

Tecnología:
Chapa de acero galvanizado plegada





+

PRESTACIONES

- Unifica subestructuras de hoja interior de fachada y carpintería (premarco)
- Optimización del material: dimensionado de perfiles según cargas a soportar.

REQUERIMIENTOS

- Fabricado en taller: posibilidad de llegar a obra con aislamiento y capa exterior incorporados
- Replanteo inmediato del hueco de fachada
- No influye en la estética de la fachada → permite acoplar premarco, marco-telar... de cualquier material.
- En caso de llevar incorporado marco-telar también asegura el replanteo de la hoja exterior de fachada.

-

PRESTACIONES

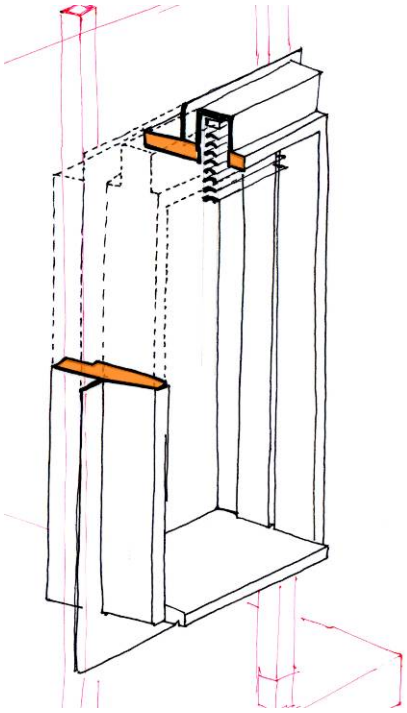
REQUERIMIENTOS

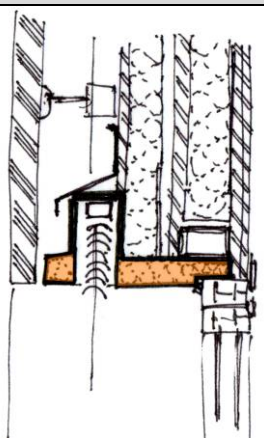
- Tecnología steel frame poco implantada en España.
- Divergencia entre las tolerancias del bastidor con la estructura portante de hormigón

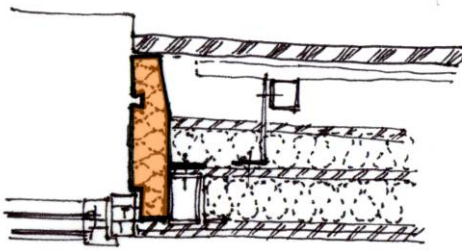
  → Habría que idear un sistema parecido a las mechas para poder ajustar el bastidor a las dimensiones reales de obra y evitar que entrara en carga por deformación del forjado.

Marco-telar multifunción

Tecnología:
Composite_ resinas termoestables con núcleo de espuma de poliuretano inyectada







+

PRESTACIONES

- Anclaje mediante pestaña perimetral fijada mecánicamente a subestructura preexistente.
- Gran capacidad aislante: rompe puente térmico.
- Expulsión del agua de la cámara de aire mediante pendiente en el dintel.
- No presenta uniones ni soldaduras → no tiene puntos débiles.
- Recuperación del concepto de mocheta → dificulta penetración del agua por la junta y facilita el sellado.

REQUERIMIENTOS

- Fabricado en taller.
- Facilidad de colocación posterior de ventana → la mocheta hace de tope.
- Asume diversas funciones:
  - Incorporación de guía de persiana desde proceso de conformado.
  - Posibilidad de incorporar cajón de persiana desde proceso de conformado.
    - Apilable
    - Enrollable
- Permite inclusión de viseras para protección solar mediante la proyección de alguna de sus partes en proceso de moldeo.
- Permite carpintería en cualquier posición respecto plano de fachada.
- Permite agrupación de ventanas.

-

PRESTACIONES

- Reacción frente al fuego
- Durabilidad

Los continuos avances en ingeniería de materiales podrían desarrollar nuevas variantes en su composición química para minimizar el problema.

REQUERIMIENTOS

- Presencia estética excesiva

Habría que analizar el espesor mínimo en la cara exterior de la fachada.

* Conformación por moldeo: mediante el diseño cuidadoso de su perímetro es capaz de asumir el cumplimiento de diversas prestaciones y requerimientos.

4. COMENTARIO FINAL

Sin ánimo de ser repetitivo respecto a las diferentes conclusiones que han ido surgiendo en el desarrollo de esta tesina, y a las cuales remitimos al lector interesado, nos parece apropiado añadir un pequeño comentario final.

Planteábamos al inicio del trabajo una serie de intenciones que pretendíamos alcanzar, referentes a la interfase entre hueco y macizo.

Desde las primeras fases del análisis de las exigencias formales, que aquí hemos llamado prestaciones, ya nos dimos cuenta de que la indefinición normativa de la fachada ventilada iba a exigirnos un esfuerzo de contención importante para fijar las reglas del juego, si no queríamos desviarnos de los objetivos marcados y centrarnos en el concepto interfase hueco-macizo.

Después de afrontar el tema prestacional desde diversos frentes (CTE, normas UNE, requisitos de montaje...) también hemos planteado unos criterios de tipo informal (requerimientos). De este modo, bajo la doble óptica formal/informal hemos podido desgajar los diversos sistemas integrales de fachada ventilada, en su encuentro con las aberturas.

Del estudio de dichos sistemas se puede afirmar que presentan serias deficiencias en el cumplimiento de ciertas prestaciones. Dado que son técnicas constructivas recientes nos atreveríamos a denominarlas pecados de juventud. La buena noticia es que ya existen en el mercado opciones válidas para mejorar esta problemática. Para ello la industria debe aunar esfuerzos y ampliar su campo de visión, para poder incorporar dichas mejoras de un modo razonable y competitivo.

La campaña de campo realizada nos ha servido para confirmar lo anterior: todavía es minoritario el uso de la fachada ventilada ligera. Y en las obras construidas visitadas (o de las cuales se ha obtenido documentación de primera mano) hemos podido comprobar que la materialización técnica de la interfase todavía no ha dado el salto hacia la industrialización, aunque sí se garantiza el cumplimiento prestacional.

Todo este estudio analítico nos ha servido para establecer qué aspectos de la interfase admiten un amplio margen de mejora. Así mismo hemos apuntado qué estrategias podrían sernos útiles, considerando tanto las exigencias formales como informales, para conseguir un producto de calidad.

Hemos apuntado dos posibles alternativas de perfil de producto, muy diferentes aunque complementarias entre ellas, intentando optimizar tecnologías ya existentes desde un nuevo enfoque: la perfilería de acero galvanizado y los materiales composite. A nivel prestacional la primera de ellas hace hincapié principalmente en los aspectos portantes de la interfase, mientras que la segunda intenta solucionar aspectos relacionados con la continuidad de las envolventes del edificio. En cualquier caso, creemos que ambas suponen un claro avance a nivel de requerimientos informales, principalmente en aspectos de industrialización y montaje en obra.

Nos hubiera gustado incluir un capítulo para hablar de la fachada ventilada en la rehabilitación energética de edificios existentes, y qué ocurre entre la nueva piel exterior y las carpinterías existentes. No ha habido tiempo ni energía para ello.

A día de hoy desconocemos qué dirección tomará la industria de la fachada y/o de la ventana. Lo que sí sabemos es que queda un largo camino por recorrer.

5. ANEXOS

5.1. Fuentes de consulta

Libros

1. PARDAL, Cristina; PARICIO, Ignacio. *La fachada ventilada y ligera*. Ed. Bisagra. 1ª ed. noviembre 2006.
2. MONTERO, Eduardo. *Manual Básico: fachadas ventiladas y aplacados. Requisitos normativos y estanqueidad*. Ed. Consejería Obras Públicas Comunidad de Murcia. 1ª ed. 2007.
3. PARICIO, Ignacio. *La construcción de la arquitectura. Vol. 2, Los elementos.* Ed. Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya. 2ª ed. 1989.
4. *Manual de producto. Ventanas*. 2ª edición. Ed. ASEFAVE. 2009
5. *Manual práctico de prescripción y recepción de ventanas en obra*. Ed. ASEFAVE. marzo 2010.
6. *Manual de instalación de ventanas*. Ed. ASEFAVE. mayo 2011.

Revistas

7. Tectónica nº 4. El Hueco.
8. Tectónica nº 16. Muro cortina
9. Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme nº 249, págs. 82-85. AVELLANEDA, Jaume; AGUILÓ, Claudi. *Desmaterializar la fachada*.
10. Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme nº 250, págs. 92-94. AVELLANEDA, Jaume; AGUILÓ, Claudi. *Ventanas: esencia y exigencia*.
11. Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme nº 251, págs. 84-85. AVELLANEDA, Jaume; *De 1.267 productos a 80 componentes. Construcciones industrializadas*.
12. NA (Nueva Arquitectura) nº 2, págs. 37-70. PARICIO, Ignacio. *La fachada ventilada con ladrillo cara vista.*
13. ConArquitectura nº 35, julio 2010, págs. 73-83. BENTO FERNÁNDEZ, María. *Los sistemas de cerramiento de fachadas ventiladas y el CTE*.

Otros

14. *Instrucción sobre criterios para la puesta en práctica del marcado CE de las ventanas, ventanas para tejado y puertas exteriores peatonales*. Ed. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. 4ª versión, abril 2010.
15. PARDAL, Cristina. *La hoja interior de la fachada ventilada. Análisis, taxonomía y prospectiva* (Tesis doctoral). UPC, 2009
16. *La façana entesa com un entramat* (Apuntes curso Escola Sert). Dirección: PARDAL, Cristina. Col·legi d'Arquitectes de Catalunya, àrea de Cultura, Formació i Publicacions. 2005.
17. *DAU 09/051 B. Aquapanel Outdoor, Sistema W384.* ITeC. Abril 2010.
18. *DAU 09/052 B. Aquapanel Outdoor, Sistema W387 y W388.* ITeC. Abril 2010.
19. *CAT - Concurs Assistència Tècnica vol.9*. Ed. Generalitat de Catalunya. 2009

Sitios web

20. www.patentados.com
21. www.ietcc.csic.es (Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja).
22. www.itec.cat (Institut de la Tecnologia de la Construcció de Catalunya).

Normativa

23. Código Técnico de la Edificación (CTE)