

LA CAPA ESTANCA AL AIRE

PREFABRICACIÓN Y RESOLUCIÓN EN LA HOJA INTERNA

PABLO GEGÚNDEZ MAREY

TRABAJO FINAL DE MÁSTER. PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.

LA CAPA ESTANCA AL AIRE. PREFABRICACIÓN Y RESOLUCIÓN EN LA HOJA INTERNA.

AUTOR: Pablo GEGÚNDEZ MAREY

TUTOR: Joaquín FERNÁNDEZ MADRID

MURA II . I IIII

Máster Universitario en Rehabilitación Arquitectónica. 2013|2014

Departamento de Construcciones Arquitectónicas. Universidad de A Coruña
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de A Coruña. ETSAC

Capítulo 1. ABSTRACT.

- 1.1.- Enfoque del trabajo.
- 1.2.- Resumen de contenidos.

Capítulo 2. ESTADO DE LA CUESTIÓN.

- 2.1.- Situación actual.
- 2.2.- Distintos grupos tipológicos de fachada basados en la estandarización.
- 2.3.- Historia de la fachada ventilada.
- 2.4.- Estanqueidad al aire.
 - 2.4.1.- Cerramientos de hoja simple.
 - 2.4.2.- Cerramientos de hoja doble.
- 2.5.- Propósito del trabajo.
 - 2.5.1.- Objetivo.
 - 2.5.1.- Hipótesis.
 - 2.5.1.- Estrategia.

Capítulo 3. REQUERIMIENTOS DE LA HOJA INTERNA Y EXIGENCIAS A LA ESTANQUEIDAD.

- 3.1.- Funciones exigibles a la hoja interior.
 - 3.1.1.- Acondicionamiento del ambiente interior.
 - 3.1.2.- Exigencias materiales a la hoja interior.
 - 3.1.3.- Servicios asociados a la hoja interior.
- 3.2.- Influencia de la estanqueidad en las demás funciones.
 - 3.2.1.- La estanqueidad y la retención al fuego.
 - 3.2.2.- La estanqueidad y el aislamiento térmico.
 - 3.2.3.- La estanqueidad y el aislamiento acústico.
- 3.3.- Exigencias a la prefabricación en la junta.
 - 3.3.1.- Encuentros duraderos.
 - 3.3.2.- Encuentros inequívocos.
 - 3.3.3.- Encuentros reversibles.
 - 3.3.4.- Exigencias en la junta.

Capítulo 4. POSICIÓN DE LA CAPA ESTANCA Y VALORACIÓN DE IDONEIDAD.

- 4.1.- Racionalización del detalle.
 - 4.1.1.- Morfología y homogeneidad. Influencia en la posición del componente de estanqueidad.
 - 4.1.2.- Definición de capas. Casos de hoja interna según disposición del aislamiento térmico.
- 4.2.- Especialización en la estanqueidad.
- 4.3.- Evaluación de la posición de capa en la estanqueidad.
 - 4.3.1.- Estanqueidad asociada.
 - 4.3.2.- Estanqueidad especializada.

Capítulo 5. CLASIFICACIÓN Y RESOLUCIÓN DE JUNTA ESPECIALIZADA ENTRE PANELES PREFABRICADOS.

- 5.1.- Criterios de diseño en las juntas.
 - 5.1.1.- Función constructiva.
 - 5.1.2.- Función estructural.
 - 5.1.3.- Función compositiva.
- 5.2.- Clasificación tipológica de juntas. Contribución a la resistencia global y funcionamiento.
 - 5.2.1.- Clasificación de junta según relación colaborativa entre paneles.
 - 5.2.2.- Clasificación de junta según geometría en los cantos del panel.
 - 5.2.3.- Clasificación de junta según el tipo de sellado.

5.3.- Material y forma. Soluciones de junta no colaborante.

- 5.3.1.- Pasta de sellado.
- 5.3.2.- Perfil de sellado.
- 5.3.3.- Barrera contra la penetración del agua.
- 5.3.4.- Sellado grueso.
- 5.3.5.- Sellado de superficie.
- 5.3.6.- Sellado de solape.

Capítulo 6. EL PANEL DE HOJA INTERNA. DIMENSIONES, MATERIAL Y RELACIÓN CON LA ESTRUCTURA.

6.1.- Dimensión del panel de hoja interna e influencia en la estanqueidad.

6.2.- Material del panel de hoja interna e influencia en la estanqueidad.

- 6.2.1.- Hormigón.
- 6.2.2.- Madera.
- 6.2.3.- Cerámica.
- 6.2.4.- Acero.

6.3.- Relación del panel de hoja interna con la estructura.

- 6.3.1.- Vinculación en la transmisión de acciones y anclaje.
- 6.3.2.- Posición respecto a los cantos de forjado.

Capítulo 7. DEBILITAMIENTOS DE PROYECTO EN LA ESTANQUEIDAD.

7.1.- Previsión de alteraciones en la continuidad del cerramiento.

7.2.- Huecos.

- 7.2.1.- Relación panel-hueco. Grado de prefabricación en la apertura de la envolvente.
- 7.2.2.- Sistemas de sellado en huecos.

7.3.- Material y forma. Soluciones de sellado en huecos.

- 7.3.1.- Pasta de sellado.
- 7.3.2.- Sellado grueso.
- 7.3.3.- Burlete de sellado.
- 7.3.4.- Lámina de sellado.

7.4.- Perforaciones.

7.5.- Encuentros complejos.

- 7.5.1.- Esquinas.
- 7.5.2.- Arranques y remates de fachada.

Capítulo 8. RESOLUCIÓN TÉCNICA DE HOJA.

Bibliografía.

Capítulo 1. ABSTRACT.

1.1.- La estanqueidad como ligante funcional.

Tras la tendencia actual hacia la industrialización en la edificación, especialmente en cuanto a la proliferación de fachadas ventiladas, se encuentran cuestiones de aspecto formal más que funcional. Se persigue la idea de ligereza, espesores pequeños, libertad compositiva, etc. sin tener en cuenta en la mayoría de las ocasiones las posibilidades reales que el sistema constructivo pueda ofrecer.

En la concepción de la fachada ventilada se ha aceptado como si de un dogma se tratase que la hoja exterior asume de modo incuestionable las funciones de protección contra el agua y la radiación solar, que aunque de ninguna forma impedirá el acceso a la cámara de pequeñas cantidades de agua arrastradas por el viento, resultan poco preocupantes por su mínimo volumen en términos generales, así como por la posibilidad de que se evaporen sin generar daños. Estas afirmaciones, sin embargo, no son necesariamente ciertas.

Se consideran estas dos funciones como resultado de un componente más añadido al sistema, obviando la posibilidad de colaboración y entendiendo la construcción como una constante suma de soluciones sin fin. Esto significa que en términos generales existe un gran desconocimiento del tema, distanciándose de la posibilidad de optimización.

En el caso de la fachada ventilada, el que nos ocupa, la optimización requiere ineludiblemente de la estanqueidad en la hoja interna, aunque las razones tras esta afirmación varían notablemente en función del tipo de edificación en la que se aplique.

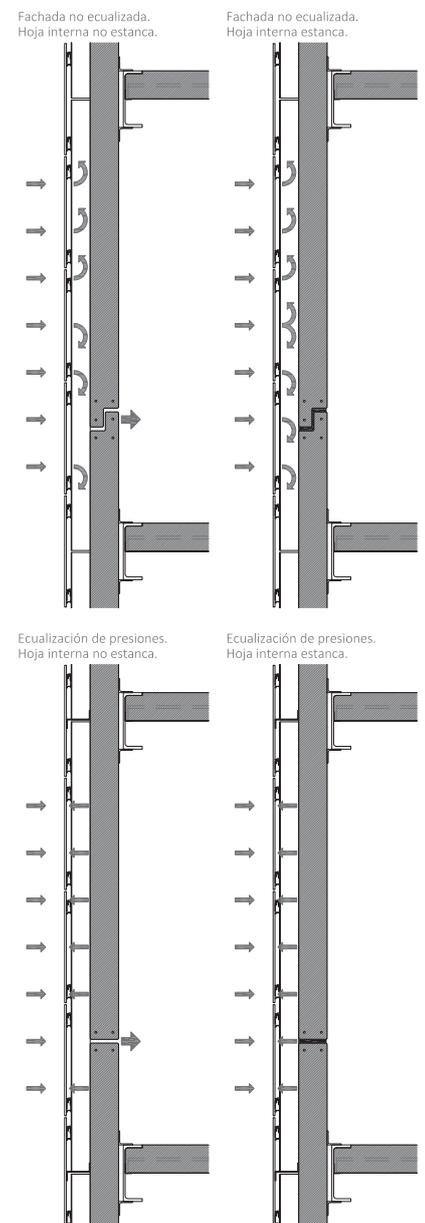
En fachadas de baja altura, con una exposición media o elevada al viento, la existencia de filtraciones de aire a través de las juntas entre paneles de constitución de la hoja interna lleva asociada una mayor diferencia de presión entre el exterior y el interior de la cámara, puesto que a las corrientes de aire que se desvían una vez impactan sobre dicho soporte se suman aquellas que logran acceder al interior de la estancia. Este efecto lleva parejo una mayor capacidad de arrastre de gotas de agua desde la hoja exterior, además de la posibilidad de que estas se vean empujadas hacia el interior de la estancia por los resquicios existentes.

En fachadas de gran altura, con una exposición media o elevada al viento, la situación es más compleja. En estructuras de gran altura, la cámara se ve sometida no solo al efecto del aire incidente exterior, sino también a la circulación de la masa de aire interna, tanto por efecto de las temperaturas diferenciales entre las distintas caras de la edificación, como por las diferencias de presión debidas a la altura de la cámara.

En estas condiciones, la fuerza de arrastre del agua incidente es muy notable, y las posibilidades de que se produzca algún fallo son altas. Para evitarlo, tal como indica Joaquín Fernández Madrid, se deberá generar una compartimentación vertical en las aristas extremas de cada fachada, a 2m de las mismas cortando la succión producida por los cambios de plano, y cada 5 o 6m en el resto del desarrollo de la cara. La compartimentación horizontal, por su parte, deberá realizarse en cada una de las plantas coincidiendo con las distancias de los forjados, así como en el remate superior de la fachada.

Se obtiene de este modo una sectorización total que da la posibilidad de igualar las presiones de viento incidentes sobre la fachada a las presentes en el trasdós de la hoja ligera exterior, por lo que resulta esencial que no se produzcan infiltraciones de ningún tipo.

La profundización en el entendimiento del funcionamiento de este tipo de fachadas deriva por tanto en la estanqueidad como el factor del que depende que los diferentes componentes desarrollen no solo su función



individual, sino también su labor colaborativa en el sistema general.

1.2.- Resumen de contenidos.

Entre las exigencias que se le requieren a los cerramientos, al margen de la estabilidad estructural, la estanqueidad juega un papel dominante sobre las demás. Si bien no se puede hablar de ineficiencia absoluta en términos de resistencia a la acción del fuego, aislamiento térmico, o aislamiento acústico a causa de fallos en la resistencia a la penetración del aire, sí que posee esta un efecto potenciador sobre los mismos, siendo necesario para acercar el modelo realizado al teórico planteado en base a los datos del fabricante de los componentes.

Partiendo de unos hipotéticos valores de resistencia al fuego, aislamiento térmico y acústico del panel como elemento independiente, los resultados obtenidos por el fabricante durante los ensayos efectuados bajo condiciones controladas introducen un porcentaje de error derivado de las condiciones de puesta en obra, de la variable humana en la colocación y manipulación, o de la alteración accidental del producto. Esta merma introducida incluirá las deficiencias en la estanqueidad, si bien pueden llegar a ser excesivamente optimistas respecto a la ejecución real habitual.

Los errores en la elaboración de los sellados debidos a la falta de experiencia, despreocupación, o el aún más común desconocimiento, derivan en modelos con unas prestaciones en términos de capacidad de acondicionamiento de las estancias interiores mucho menores a las estimadas y certificadas por parte de la dirección de obra, en base a la confianza ciega en los datos aportados por el fabricante y sin tener consciencia de la deficiencia existente en las labores necesarias de puesta en obra, pudiendo con ello acarrear no pocos problemas en términos de responsabilidad civil.

No se persigue en cualquier caso una estanqueidad del 100%, lo cual resultaría irreal, sino aquella que permita realizar un modelo acorde a los valores que los componentes, dentro de su funcionamiento normal, hacen posible. El resultado habitual con el que nos podemos encontrar en la mayoría de casos serán pues modelos con un nivel de prestaciones muy inferior al estimado en origen.

Paralelamente existe un amplio catálogo de posibilidades mediante las cuales el propio fabricante predispone su panel a la correcta ejecución del sellado o sellados, en base a la preparación de los cantos. El resultado serán geometrías más o menos complejas susceptibles de ser combinadas entre sí.

Las particularidades de los paneles de constitución de la hoja interna serán además los que determinen las pautas o posibilidades de sellado en las juntas en función de las áreas accesibles para tal efecto, sin embargo esto será únicamente en los casos en los que los recursos de sellado se constituyan como componentes con un grado medio o alto de prefabricación.

En el presente trabajo se plantea la diferenciación en los sistemas de sellado en función de su grado de especialización, pudiendo alejarse de este principio únicamente por tratarse de una propiedad asociada a algún componente del cerramiento cuya labor principal nada tiene que ver con la estanqueidad. Estos recursos asociados resultan, desde la perspectiva de este proyecto de investigación, mucho menos efectivos en comparación con los sistemas especializados locales dado el menor grado de control que aportan sobre el resultado final, limitando el dominio sobre su funcionamiento por no permitir la combinación de técnicas diferentes para implementar el comportamiento colaborativo.

Sin embargo, las resoluciones de junta no podrán limitarse únicamente a asegurar la continuidad en la barrera

frente a la penetración de aire.

De la vinculación funcional entre paneles depende la capacidad de respuesta a las acciones externas solicitantes de la fachada, y el encuentro deberá resolver todas las incidencias constructivas, desde la compatibilidad entre materiales, la capacidad de deformación o resistencia a la misma, durabilidad frente a los condicionantes ambientales, facilitar la colocación y puesta en servicio, etc. Deberá ser capaz también de asumir la demanda de respuesta mecánica, tanto vertical como horizontal, transmitiendo de ser preciso las tensiones entre componentes contiguos y posibilitando con ello el comportamiento unitario sin debilitamientos, o bien por el contrario desligando los paneles y deformándose sin dejar resquicios entre los mismos.

La función compositiva, por último, debe asegurar la realización de un sellado visualmente aceptable, con independencia del modelo seleccionado, y siempre ofreciendo la posibilidad de quedar visto, llegando incluso a poder ser utilizado como un incentivo estético en el diseño general, fomentando así la decantación de la demanda hacia la resolución eficaz del encuentro.

Las resoluciones en los cantos, como ya se ha comentado, encaminan a soluciones de junta eficaces al acotar las múltiples posibilidades, defiriendo si el remate es plano, machihembrado, o ranurado, e igualmente dependerá de si dicho encuentro es horizontal o vertical. De forma paralela, el modelo de funcionamiento de esta junta de estanqueidad dependerá de los sellados empleados, de cuya combinación resulta el tipo de junta, pudiendo ser esta abierta, cerrada, gruesa, o de superficie, recurriendo para ello a pastas de sellado, perfiles preformados, capas gruesas de mortero, bandas de superficie, y un largo etc.

Sin embargo, el incremento de la tasa de éxito en la realización de la estanqueidad general depende enormemente de medidas pasivas al margen incluso de la junta, como la disminución del número total de encuentros, asegurar posiciones para los mismos que no dificulten la realización de los sellados, etc.

La primera de estas medidas será el incremento dimensional de los paneles dentro de los límites definidos por las posibilidades de transporte y colocación, seguido del material y configuración geométrica, los cuales pueden resultar determinantes para actuar a favor o en contra del sellado, y finalmente la relación con la estructura del edificio.

Esta última vinculación queda determinada por el modo de fijación, pudiendo ser a la cara o bien al canto del forjado, de lo que dependerá la mayor o menor facilidad de trabajo o realización de las diferentes labores, así como por la posición del panel, pasante o inserto, con lo que variará enormemente el número final de juntas e incluso la posible fatiga a la que se puedan ver sometidas.

Como contrapartida a estas medidas están los debilitamientos de proyecto en la continuidad de la piel del edificio, que no harán sino dificultar la ejecución de la estanqueidad pero resultan esenciales en la concepción de la solución arquitectónica. Se trata primordialmente de los huecos, en especial si se efectúan en obra, disponiendo carpinterías de gran dimensión en las áreas resultantes de la sustracción de paneles o secciones de estos. La posición opuesta la representa el hueco y carpintería ya integrados en taller dentro del panel, lo que si bien resulta en una mayor limitación dimensional de apertura, asegura el éxito en la estanqueidad en todo su perímetro.

Los sistemas de sellado de dichos huecos se basarán principalmente en el fraguado de pastas o morteros, mástics y espumas expansivas, el sellado por mecanizado mediante la aplicación de presión sobre burlletes o de goma o láminas elásticas, o bien los sellados de continuidad, siendo estos exclusivos del mencionado caso de hueco

incorporado al panel, y siempre gracias al mayor grado de precisión derivado del proceso de montaje.

Estos mismos sistemas se repiten en el sellado de los denominados encuentros complejos, representados en su mayoría por las resoluciones de esquina y los arranques o remates de fachada.

Capítulo 2. ESTADO DE LA CUESTIÓN.

2.1.- Situación actual.

El aún reciente desarrollo tecnológico que ha experimentado la sociedad aplicado a la construcción, condujo de forma natural a una evolución en el entendimiento de las fachadas a través del desglose de sus funciones, tremendamente acelerado con la definitiva desvinculación de la función portante de la envolvente. Esto condujo a aligeramientos significativos y reducciones de espesor, lo que permitía un mayor aprovechamiento del espacio y por tanto mayores beneficios.

Esta estratificación de los requerimientos y la búsqueda de la optimización económica, impulsó la investigación de nuevos materiales capaces de dar respuesta a una o varias de esas exigencias de un modo satisfactorio. En muchos casos, se alcanzaban soluciones capaces de solventar casi por sí solas las necesidades que se les exigían a los cerramientos, pero poco a poco el incremento del confort, termina por dejar al descubierto nuevos requerimientos a los que se debe dar salida. El avance de las fachadas en una situación de crecientes necesidades conduce finalmente a la utilización de múltiples capas, tremendamente especializadas en muchos casos, que combinadas entre sí según las exigencias impuestas al cerramiento, permiten alcanzar la solución óptima según los condicionantes del lugar, siempre supeditadas al buen hacer y entendimiento por parte del arquitecto, lo que en ciertas situaciones trasciende en una cultura propia de cada zona en su modo de construir.

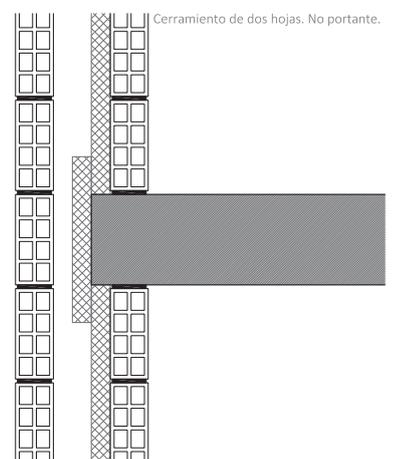
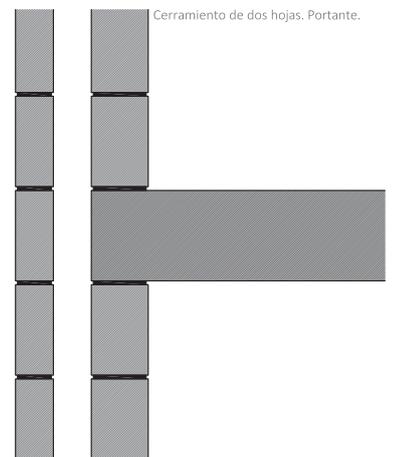
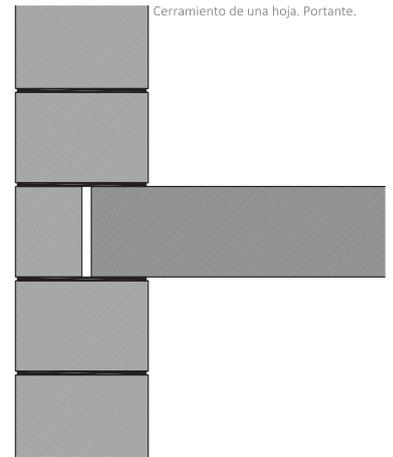
Existe una doble cara de la moneda en esta situación, y se debe precisamente al desconocimiento, en muchos casos por parte del técnico encargado de proyectar la solución constructiva, del funcionamiento de estos componentes, derivando en el mejor de los casos en sobrecostes por un uso nada acertado de los mismos, y en graves problemas funcionales en el peor.

La consecuencia directa de esta investigación y desarrollo tecnológico aplicado a la construcción, se encuentra en el elevado precio que en origen pudiera tener el producto final de seguir una línea continuista en los métodos de trabajo, por ello se llegó de un modo natural a la estandarización. En la tradición de la construcción existen ejemplos de cierta estandarización, el mejor de ellos es el uso del ladrillo, sin embargo, nada tienen que ver los principios de concepción de este con el camino que tomarán los productos de nueva concepción. Se llevará a la estandarización tanto del producto en sí como de los procesos de montaje, aunque actualmente todavía se está iniciando la marcha hacia este cambio de forma definitiva.

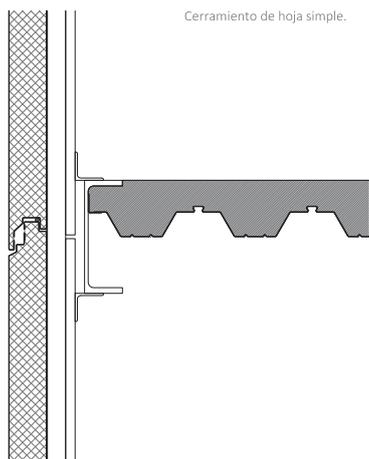
El que no se haya instaurado aún la estandarización en todos los aspectos de la construcción origina discordancias en las soluciones aportadas, así por ejemplo, aunque el nivel de prefabricación en la hoja exterior de las fachadas ventiladas es bastante elevado no es poco frecuente encontrarnos con hojas interiores levantadas por operarios según métodos tradicionales basados en la unión de pequeños componentes. Esto repercute directamente en la necesidad de compensar pequeños errores de planeidad o de ejecución en los demás componentes, lo que se traduce en tiempos de montaje más elevados y una evidente pérdida de efectividad en las ventajas que la prefabricación supone.

De igual forma, en el caso de las escasas incursiones en la prefabricación para la resolución de la hoja interna, es habitual que no se tengan en cuenta multitud de requerimientos durante el montaje, entre los que de forma más extendida se encuentra la exigencia de estanqueidad. El desconocimiento generalizado que se puede apreciar en la comunidad de arquitectos en la actualidad acerca de las necesidades en la construcción es origen de una buena parte de las patologías o mal funcionamiento en los edificios, y en los trabajos con componentes prefabricados, la junta es la que se verá más resentida, ya que es por necesidad la parte más débil.

El desconocimiento de los procesos de montaje, así como los posibles inconvenientes del sistema de junta



seleccionado pueden llevar a errores funcionales graves, los cuales supondrán disfuncionalidades en el sistema de fachada, en muchos casos haciendo de la hoja ligera exterior una mera anécdota incapaz de hacer frente a la penetración de aire en la cámara por sí sola. Si bien los componentes estandarizados son funcionalmente efectivos para las solicitaciones que se les encomiendan, requieren de un proceso de montaje adecuado para generar un sistema funcional, y será en este aspecto que el desconocimiento por parte del técnico y la falta de pericia o control del operario lleve a error.

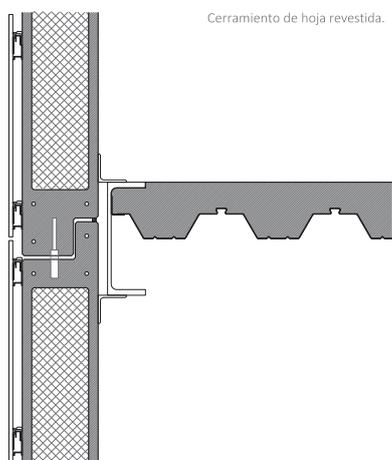


Cerramiento de hoja simple.

2.2.- Distintos grupos tipológicos de fachada basados en la estandarización.

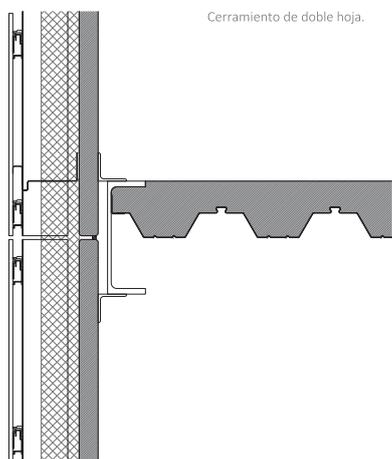
Entrar a desarrollar un estudio sobre todas las soluciones posibles de fachada sería objeto de por sí de una tesis doctoral, o incluso la misma sería insuficiente, puesto que no solo se deberían abordar las diferentes materializaciones, sino las necesidades a satisfacer que las impulsan. Lo que aquí nos interesa es establecer tres grupos organizativos, siempre en base a la prefabricación, el número de hojas, y cómo estas se utilizan, que a grandes rasgos puedan englobar múltiples soluciones técnicas siempre fundamentadas en los avances anteriormente expuestos.

El primero y conceptualmente más simple de estos grupos es la hoja única, desde paneles sándwich a estratificados, al margen de los materiales empleados, que de por sí no requieren de protección adicional con el ambiente exterior, y en los que el éxito o fracaso está supeditado al buen funcionamiento de la solución en la junta entre paneles. Estos sistemas, generalmente van parejos a mayores coherencias constructivas, dada la tendencia de los mismos a quedar expuestos, así como por el hecho de que su modificación en obra conlleva un significativo incremento de la posibilidad de fallo en el desempeño de su labor. A estos paneles se les exige cumplir todos los requisitos propios de una fachada, aislar térmica y acústicamente, que sean estancos y permitan la estanqueidad de la junta, y en buena medida, aunque no siempre será así, que se sustenten a sí mismos, generalmente anclados entre las cabezas de los forjados, lo que reduce los tiempos de montaje en especial si incorporan las carpinterías.



Cerramiento de hoja revestida.

Este tipo de cerramientos son igualmente posibles de ejecutar en obra mediante la colocación progresiva de sus componentes como elementos individuales, sin embargo la exigencia de precisión en el montaje y la falta de destreza en muchas ocasiones del operario encargado conducen a una desconfianza en la efectividad de las juntas que fomenta el uso de una capa externa de protección, que aun pudiendo ser efectiva contra el paso de agua entre las juntas, en ningún caso evitará las infiltraciones de aire si no se resuelve mediante sellados con algún tipo de pasta o mecanismo. La utilización de dichos sellados en la cara externa de la hoja como impedimento al paso de agua, aún si estos son capaces de resistir la degradación ocasionada por los rayos ultravioleta, los cambios de volumen asociados a las variaciones de temperatura, o los agentes atmosféricos, igualmente pueden ofrecer cierta desconfianza y en muchos casos la imagen reflejada no será la deseada.



Cerramiento de doble hoja.

El siguiente grupo se encuentra a medio camino entre la hoja simple y la doble hoja. Si bien es en su funcionamiento una hoja simple a todos los efectos, se recurre a una hoja ligera exterior como acabado, ya sea por buscarse una imagen concreta o la renovación de una fachada existente perfectamente funcional.

Al margen de valoraciones en cuanto a la legitimidad de una decisión de este tipo, la hoja exterior no reportará problemas funcionales a priori, al entenderse que cualquier requerimiento del cerramiento más allá del estético, es asumido por la hoja interna. Es cuando se decide utilizar dicha hoja como parte multifuncional de la fachada cuando surgen los problemas de índole constructiva.

Aquí es donde entran en juego las fachadas de doble hoja. Este grupo ofrece grandes ventajas y son de una gran efectividad de emplearse correctamente, para lo que es esencial conocer su modo de funcionamiento, algo que no siempre ocurre.

Recurrir a la fachada ventilada como protección contra la lluvia de la hoja interior, hoy en día, puede suponer un esfuerzo innecesario en el sentido de que en la gran mayoría de los casos, los materiales y sistemas empleados para el levantamiento de esta pueden salvar cualquier exigencia de estanqueidad y resistencia a la penetración del agua y aire, siempre que la ejecución sea la correcta o la resolución de la junta sea efectiva, sin embargo sí será necesario proteger en la medida de lo posible los aislantes hidrófilos si se encuentran en la cara caliente de la cámara ventilada, ya que de absorber agua su efectividad se vería mermada. En este sentido, recurrir a aislamientos impermeables al agua como planchas de poliestireno extrusionado sería una solución viable, pero nuevamente la hoja ligera exterior será un elemento necesario en tanto en cuanto se debe proteger de la acción del sol.

El problema surgirá por el desconocimiento general de los requisitos técnicos exigibles para que no exista infiltración de agua por las juntas entre los paneles que forman la hoja ligera, fruto de un dimensionado poco acertado, así como las dimensiones óptimas de cámara ventilada, la ecualización de la misma para que no se produzcan flujos de aire que en su desplazamiento arrastren el agua, el diseño de los mecanismos encargados de expulsar filtraciones puntuales, y la impermeabilidad al aire de la hoja interior.

Si lo que se busca es la mejora energética del edificio, nuevamente el dimensionado de la cámara y las juntas entre paneles de la hoja ligera son fundamentales, pero también lo será conocer la velocidad media del viento en el lugar, las temperaturas que se pueden alcanzar en el interior de la cámara, y verificar la cantidad de calor que puede disiparse cumplirse el funcionamiento que se le supone, aspectos que requieren por lo general estudios pormenorizados que rara vez se realizan.

La doctora Cristina Pardo March expone en su artículo *Añagazas de la fachada ventilada: ¿pluvial o revestida?* la necesidad de establecer una diferenciación en el modo de referirse a los distintos tipos de fachada de doble hoja según su funcionamiento: fachada revestida, fachada pluvial, o fachada ventilada, de modo que se empiecen a clarificar las diferencias entre unas y otras según las necesidades a las cuales dan respuesta.

Fruto de dicha indefinición, han ido surgiendo todos los problemas que en la actualidad existen en cuanto a la aplicación de la solución de fachada ventilada, ya sea en casos en los que la misma, queriendo ser un elemento funcional se limita a aportar una simple imagen, puesto que todas las exigencias son salvadas por la hoja interna, o que no se ejecuta de un modo adecuado y no funciona como debiese, resultando en problemas de carácter funcional.

2.3.- Historia de la fachada ventilada.

En nuestro país, se ha extendido sobremanera el uso de la denominada fachada ventilada. Su origen se encuentra en la Rain screen inglesa, una hoja ligera exterior de cerramiento que protege contra la entrada del agua a la hoja interna. Se crea una cámara de drenaje provista de mecanismos encargados de expulsar cualquier pequeña cantidad de agua que llegue a penetrar a su interior, y a la vez, por la circulación del aire posibilita la evaporación de la humedad impregnada en el muro interior o el aislamiento. La razón de ser de dicho sistema era la excesiva porosidad de los materiales utilizados en las fábricas del momento, que con espesores reducidos y

AÑAGAZAS DE LA FACHADA VENTILADA: ¿PLUVIAL O REVESTIDA?
Pardo March. C

_La fachada ventilada ha llegado a un punto en el que aparentemente todo vale. Recuperar la esencia del sistema no se puede hacer negando los nuevos objetivos que la arquitectura ha encomendado a la fachada de doble hoja. Debemos dejar de englobar dentro de un mismo término, el de fachada ventilada, soluciones que en realidad tienen objetivos diversos: garantizar la estanqueidad, mejorar el confort térmico, o dar una determinada imagen al edificio.



i01. Rain screen.



i02. Cavity wall.



i03. Tabique pluvial.



i04. Fachada ventilada.

en climas muy lluviosos, eran incapaces de ofrecer resistencia a la penetración del agua.

El sistema Rain screen era por tanto el resultado del entendimiento de los puntos fuertes y debilidades de cada material, ofreciendo una solución óptima a través del uso de los sistemas constructivos existentes, y a su vez haciendo frente a los problemas que de ellos se derivaban.

Una solución de fachada igualmente enfocada a alejar la incidencia del agua del muro interior, sería el Tabique pluvial, muy utilizado en las medianeras y en el que a la expulsión de las filtraciones producidas se suma la protección solar que ofrece al muro interior. A diferencia del Cavity wall inglés, el enlace entre hojas no se efectúa por medio de grapas metálicas, sino con piezas de ladrillo voladas respecto del muro medianero.

Al adoptar la solución constructiva de la Rain screen, renombrada como fachada ventilada, se pone al servicio de un nuevo propósito, la mejora del comportamiento térmico del cerramiento en las temporadas de mayores temperaturas. La hoja exterior define con la interior una cámara ventilada y esta, al recibir la incidencia de los rayos solares, calienta el aire de la cámara dando lugar a su ascenso por convección hacia la parte alta, por donde es expulsado. En la parte inferior de la cámara ventilada, se produce la entrada de aire nuevo, dando así lugar a una renovación continua capaz de mejorar significativamente el comportamiento térmico de la fachada.

Esta adopción de la solución propia de la Rain screen, sin embargo, trajo consigo ciertas incongruencias, puesto que aunque el interés se centraba en una propiedad igualmente válida de la misma, no es poco frecuente que la falta de entendimiento lleve a que su diseño no se optimice para cumplir la finalidad que se le exige, manteniendo innecesariamente en muchos casos elementos destinados a la protección contra el agua en entornos con una baja incidencia de la misma o con soluciones de hoja interior que ofrecen buenas garantías de estanqueidad.

Detrás del interés en el sistema de la fachada ventilada y responsable en gran medida de su éxito, se encuentra la libertad compositiva que la misma ofrece, y es precisamente este atractivo aspecto el que motiva su uso en muchas ocasiones a pesar del general desconocimiento. Por ello se dan con frecuencia errores de concepción o dimensionado que pueden reportar sobrecostos o ineficiencias, quedando la hoja exterior como un simple acabado en el mejor de los casos, o generándose graves problemas funcionales con el tiempo en el peor.

2.4.- Estanqueidad al aire.

La estanqueidad del cerramiento es una condición exigible al mismo con absoluta independencia de su tipo, y es a su vez condición básica para conseguir la máxima efectividad en el aislamiento térmico, retención al fuego, y reducción acústica, por lo que no se trata de una función que pueda ser segregada si no se garantiza previamente que se satisfacen dichos requerimientos. De igual modo, será lo que permita el funcionamiento de según qué sistemas constructivos en términos generales.

La necesidad de alcanzar la estanqueidad se impulsa por motivaciones diferentes, aunque con puntos comunes, según si se trata de cerramientos de hoja simple o doble, sin embargo, en ambos tipos de cerramiento, renunciar a los sistemas tradicionales en favor de aquellos basados en la estandarización, como se mantendrá a lo largo del presente trabajo, aporta claras ventajas al facilitar que se desliguen de los movimientos de la estructura en sus uniones con los forjados, de modo que no comprometan su integridad ni la de sus juntas. Esto no era así en los muros tradicionales de fábrica insertos entre forjados, en los que las diferentes respuestas entre la deformación

de la estructura y los cerramientos daban lugar a grietas y fisuras que reducían por completo la estanqueidad, acrecentándose el efecto en los huecos sobre todo si el grado de humedad de los ladrillos en su puesta en obra no era la adecuada. La absorción del agua de constitución del mortero por parte del ladrillo derivaba en un notable debilitamiento del mismo, que ante las exigencias de la acción del viento daba lugar a la formación de grietas y fisuras. De forma pareja, la excentricidad con la que se solían levantar estos muros para ocultar los forjados, y la falta de precisión de los trabajos manuales, acrecentaban este tipo de daños.

Dicho esto, a pesar de que la línea de trabajo se centrará en la fachada ventilada, es importante también explicar la estanqueidad en fachadas de hoja simple, ya que de la diferencia entre ambas soluciones se clarificarán en mayor medida los problemas que derivarían de una mala concepción o ejecución de la fachada ventilada. De no cumplirse los requisitos de funcionamiento del cerramiento de doble hoja, la capa estanca se encontraría ante solicitudes para las que no está preparada, es decir, aunque se mantiene la eficacia de esta contra la penetración del aire, no necesariamente impedirá el paso del agua, lo que la convertiría en una fachada de hoja simple expuesta a efectos de requerimientos.

2.4.1.- Cerramientos de hoja simple.

Evitar que el aire llegue a infiltrarse al ambiente interior no significa que el agua no pueda penetrar igualmente a raíz de movimientos por capilaridad, en cerramientos de hoja simple lograr la estanqueidad al aire no será suficiente, sino que se debe garantizar que el agua se mantendrá en el exterior, dependiendo esto por completo de la ejecución de la junta entre paneles.

Evidentemente, esta situación no es necesariamente idéntica para la junta horizontal que para la vertical. Si bien los paneles prefabricados incluyen por lo general juntas machihembradas en sus cantos superior e inferior capaces de garantizar la continuidad, en los laterales, la situación cambia. Esto es así tanto en paneles de hormigón, como metálicos o de madera, y se debe recurrir en los cantos desprotegidos a mecanismos fijados por presión o resoluciones geométricas que no impidan su colocación o sustitución, que permitan crear una cámara de descompresión capaz de igualar las presiones interna y externa, relegando el sellado de junta a la cara más interna, la cual nunca llegará a tocar el agua.

2.4.2.- Cerramientos de doble hoja.

Al igual que en el caso anterior, la estanqueidad al aire dependerá de la junta, con la salvedad de que la función protectora contra la acción del agua la asume ahora la hoja externa de la fachada ventilada. Garantizar que el aire no pueda penetrar al interior se convierte en una tarea más sencilla en esta situación, no siendo necesario recurrir a paneles conformados con resoluciones en sus cantos especializadas en esta tarea, pero el fallo en el diseño general, el montaje, o la previsión de las incidencias sobre la hoja ligera, pondrá en peligro la efectividad de todo el sistema ya que de su buen servicio depende la efectividad de la especialización de funciones según componentes.

De igual modo, la mayor estratificación de las funciones hace que algunas de ellas se sustenten en la estanqueidad de la hoja interna, como es el caso de la eculización de presiones. Este sistema supone un incremento en la garantía de que el agua no llegará a humedecer nunca la hoja interna o el aislamiento, sin

LA FACHADA VENTILADA CON LADRILLO CARA VISTA
Paricio Asuátegui. I

_Los estudios realizados por Hispalyt demostraron que la unión ladrillo-mortero es el punto más débil de una fábrica desde el punto de vista de la estanqueidad, si no se compensa la excesiva succión de algunos ladrillos con el adecuado humedecimiento de los mismos antes de su puesta en obra.

embargo, depende enormemente de que la presión en el interior de la cámara no se vea mermada por la presencia de filtraciones hacia el interior del recinto, en cuyo caso, las fuerzas actuantes que teóricamente impedirían el paso del agua más allá de la cara interna de la hoja exterior, no existirán.

En este tipo de fachada, si se recurre a hojas interiores de entramado, con un mayor grado de exigencia en obra, garantizar la estanqueidad mediante cordones de sellado o con mecanismos a presión, permitirá que no sea necesario dar tratamientos protectores a los elementos de la cara exterior, habitualmente tableros de conglomerados de madera.

2.5.- Hacia la prefabricación.

El interés de la prefabricación aplicada a la ejecución de las fachadas es de por sí una de las grandes razones por las que realizar el presente estudio. Actualmente se producen incongruencias en la construcción de la mayoría de fachadas ventiladas, en las que aunque para la hoja exterior si se aprovechan la ventajas que supone la estandarización, sobre todo por los notables aligeramientos que conlleva y a la que prácticamente se le puede atribuir el impulso que esta tipología ha ido adquiriendo, la hoja interna parece mantenerse al margen del avance tecnológico. Pareciera que a la hoja interior se le atribuya una mayor responsabilidad en la labor del cerramiento, quizá por la idea todavía presente de su concepción tradicional como hoja única y gruesa, y ese fuese el motivo de desconfianza con respecto a la prefabricación, regresando a métodos tradicionales que ofrecen en apariencia mayores garantías por ser más conocidos e intuitivos. O quizá sea simple falta de confianza en las soluciones de grandes paneles prefabricados en una muestra de escepticismo de cómo estos son capaces de desempeñar su función.

Por lo general se refleja cierta reticencia hacia la prefabricación para aquellos elementos que reúnen la mayor cantidad de funciones, empezando por el propio proyectista, que en muchas ocasiones parece no estar entrenado para asumir la enorme coordinación en tiempos y entre oficios, para llevar la prefabricación a la obra a gran escala. El arquitecto no siempre sabe responder a muchos de los requerimientos específicos de los elementos especializados ni a sus previsiones de montaje o fases de trabajo.

Si se opta por tanto por una hoja de fábrica tradicional a haces interiores, una vez ejecutado el muro, fruto de esa factura manual se darán fallos de trazado que obligarán a una compensación mediante el ajuste de la subestructura, lo que supone echar por tierra las ventajas en tiempos de colocación y simplicidad inherente a la hoja ligera. Lo que es lo mismo, romper con el criterio de estandarización en la hoja interior, afecta a cada una de las unidades de obra de esa fachada.

Optar por sistemas de hoja interior, ya sea de elementos enterizos entre forjados o de entramado, a pesar de que se requiera una mayor labor organizativa previa a la obra, ofrece garantías enormes en cuanto a sus dimensiones. El número de elementos a colocar y el proceso de colocación es el único dato que el operario debe conocer para cumplir con los márgenes de error previstos en el montaje.

Las particularidades dimensionales y geométricas, por otra parte, requerirán siempre soluciones singulares cuando se generen puntos conflictivos, que en buena medida explican ese miedo hacia la prefabricación por la desconfianza en que su resolución, tanto de concepción como de ejecución, mantenga las garantías del prefabricado y evite el fallo. Esto se debe a un conocimiento poco profundo del funcionamiento de dicho prefabricado del que, aun admitiendo que cumple con las garantías que promete, no se llega a entender el cómo

lo hace. Un ejemplo de esta cierta lucha y compensación entre unidades de obra se produce entre estructura y dichos paneles, sobre todo si van estos de forjado a forjado y se trata de estructuras de hormigón armado, en las que los errores dimensionales se cuentan en centímetros.

El esfuerzo de previsión y organización desempeñado en estudio se verá compensado en los tiempos de ejecución notablemente menores y de menor coste, pero también en menores perturbaciones en el lugar de la obra, menos desperdicios, etc. Además, una vez salvada dicha dificultad, no será complicado satisfacer mayores exigencias con el panel de hoja interior, al que se le podrán incorporar si así se desea nuevas capas que den respuesta a nuevas exigencias recurriendo a los avances tecnológicos que vayan surgiendo, y es que esta tipología no solo ofrece un fácil montaje, sino también un sencillo desmontaje y sustitución de componentes.

2.6.- Propósito del trabajo.

2.6.1.- Objetivo.

El trabajo se centrará principalmente en tres vías. La primera consistirá en analizar aquellas funciones exigibles al cerramiento que tras la estratificación funcional asume la hoja interna, y para las que la efectividad de la estanqueidad resulta crucial, entendiendo que se ven anuladas o mermadas sin la misma.

La segunda de estas vías consiste en profundizar en los métodos y sistemas disponibles para garantizar la estanqueidad según las exigencias derivadas del material empleado, la estructura interna de la solución, o las dimensiones de los componentes, siempre en base a la estandarización como requisito vertebrador.

Por último, la problemática derivada de las particularidades de la construcción así como de los requerimientos de uso aplicables a la hoja interior que puedan mermar la resistencia a la penetración del aire, y la definición de estrategias de actuación para evitarlas o solucionarlas, de no ser esto posible.

2.6.2.- Hipótesis.

La resolución óptima de la fachada pasa por la máxima simplificación, al ser posible su constitución mediante la utilización de solamente dos hojas, la mayor efectividad está en la resolver la estanqueidad en la interior.

Aprovechamiento de la estandarización como elemento aglutinante de funciones en la hoja interna como componente multifuncional. Este producto de alto o medio grado de prefabricación debe contar con una previsión de junta que en todo caso formará parte de la concepción de diseño del mismo en origen, suponga o no una modificación en su morfología. El correcto funcionamiento del sistema en su puesta en obra dependerá en exclusiva de la ejecución de la junta, y la misma será tal que permita desmontajes puntuales para la corrección de posibles errores.

2.6.3.- Estrategia.

Se entiende como capa estanca aquella que garantiza la resistencia al paso del aire sometido a presión, así como

TECTÓNICA. FACHADAS LIGERAS 1

Rodríguez Cheda, JB. Raya de Blas, JA

_Los acabados de fachadas ligeras, al tener que resolver su propia indefinición adaptándose a un trasdosado arbitrario, con tolerancias de construcción diferentes al propio método de producción industrial, solventando el encuentro entre junta seca y junta húmeda, adquieren una complejidad adicional que, como poco, trasciende en un coste elevado, dificultando la generalización del sistema por aspectos económicos.

_El anclaje sobre trasdosado masivo, expresión de la inexistencia de un sistema de fachada coherente, concentra todas las contradicciones entre el ajuste de métodos constructivos divergentes, de holguras y tolerancias diferentes: la artesanía y la industria.

a la continuidad establecida por la resolución de junta entre estos. Si la barrera se constituye por un componente multifuncional enterizo, únicamente la cara externa del mismo sometida a empuje es capa estanca.

Aunque se analiza la resolución de la estanqueidad en múltiples situaciones no necesariamente vinculadas a la hoja interna, se entiende, tal y como se explica en el punto anterior, la necesidad de aunar en este componente la resolución del mayor número posible de exigencias de cara a la mayor simplificación posible.

A la hoja interna no se le exigirá, por lo general, resistencia a la penetración del agua de incidencia directa, sino solo frente a filtraciones puntuales, con independencia de si el objetivo final de la fachada ventilada es la mejora de eficiencia energética o la protección contra la lluvia. El objetivo de eliminar esta exigencia es doble, por una parte evitar duplicidades en la materialización total del cerramiento, y por otro simplificar en la mayor medida de lo posible la concepción y por ende correcta ejecución del enlace entre componentes.

Se considera por igual la junta geométrica incorporada en el propio panel como la junta obtenida por adición de mecanismos con tal finalidad, siempre con independencia del material empleado pero en consideración de la realidad física del componente.

Se analizan múltiples soluciones en cuanto a material y morfología de resolución de hoja interna. Los requerimientos derivados de cada solución particular suponen la necesidad de valorar multitud de métodos de ejecución de junta de cara a la selección de los más aptos ante dichas particularidades.

Capítulo 3. REQUERIMIENTOS DE LA HOJA INTERNA Y EXIGENCIAS A LA ESTANQUEIDAD.

3.1.- Funciones exigibles a la hoja interior.

La hoja interna es el componente que mayor cantidad de funciones asume. En general, el confort interior y la estabilidad de la solución integral de fachada dependen en buena medida de ella, y a su vez es el elemento que con mayor libertad puede ser configurado de cara a una solución funcional que permita aunar la respuesta a todas las solicitaciones planteadas con un solo gesto.

Está al servicio de la calidad del ambiente interior en mayor medida que el resto de unidades del cerramiento, puesto que si bien trabaja en conjunto con la hoja ligera exterior, esta se limita a dar solución a un máximo de dos funciones, protección contra la penetración de agua en la cámara, y protección contra los efectos derivados de la incidencia del sol. Una vez estas dos influencias son apartadas de la hoja interna, el resto de funciones pueden ser asumidas por esta con toda la libertad que la técnica permita aplicar en su elaboración. La exigencia portante de la subestructura de la hoja ligera exterior, si se coloca la hoja interna pasante frente a los cantos de los forjados, depende exclusivamente de que esta sea capaz de ofrecer resistencia a las cargas transmitidas, por lo que la responsabilidad íntegra del éxito de la fachada dependerá únicamente, en este caso, de la concepción de la hoja interna.

De todas las funciones exigibles surgirán las limitaciones de diseño, materiales, peso, grosor, e incluso de orden de los estratos constitutivos del muro interior, más de lo que lo harán en la hoja ligera, en la que las funciones se encuentran claramente definidas por esas dos exigencias de protección del sol y la lluvia, siendo sus condicionantes más relevantes el peso del material y el grosor que el mismo necesita para salvar sus tensiones internas, pero por encima de todo estará la imagen deseable de la misma.

Los tres grupos de funciones que la hoja interior debe salvar son:

- Acondicionamiento del ambiente interior.

Establecer los mecanismos de oposición a la transmisión de flujos de energía entre el interior y el exterior que garanticen el máximo control de las condiciones internas, condiciones de seguridad en caso fortuito de incendio contra la propagación del mismo hacia la cámara de aire, y garantizar la integridad y capacidad portante de la hoja frente a su propio peso y la acción de cargas en su plano perpendicular. Estos requerimientos suponen condicionantes en la selección de los materiales, sus espesores y resistencias, y el orden en la disposición de los mismos. Son los componentes que determinan la idoneidad funcional de la solución planteada.

- Exigencias materiales a la hoja interior.

Exigencias de menor relevancia en cuanto a la concepción de la hoja interna, pero parejas a las anteriores. La materialización de las respuestas funcionales del sistema de entramado o los paneles, conlleva someterse a las particularidades vinculadas a los diferentes materiales, los grosores de los componentes, y su peso, por lo que se genera un diálogo de ventajas e inconvenientes entre soluciones capaces de satisfacer de igual o similar modo una misma necesidad. En general, estas exigencias se limitan a espesores y peso, pero pueden incluir variaciones de material, texturas, etc.

- Servicios asociados a la hoja interior.

Exigencias vinculadas al diseño o bien destinadas a albergar soluciones ajenas a las necesidades de la fachada. Este tipo de servicios buscan incorporar en la hoja interior elementos constructivos que den servicio a las

estancias que cierran, generalmente instalaciones o componentes arquitectónicos esenciales, a través de una aplicación aún mayor de la tecnología, como por ejemplo la incorporación de carpintería en un panel de cerramiento de gran dimensión.

3.1.1- Acondicionamiento del ambiente interior.

Se trata de los requerimientos más básicos exigibles a la fachada, las funciones primarias que debe satisfacer para poder ser considerado cerramiento.

- Estabilidad del elemento o conjunto de elementos constitutivos.
- Retención al fuego.
- Aislamiento térmico.
- Aislamiento acústico.
- Estanqueidad al aire.

Las exigencias de inercia térmica y absorción acústica no se incluyen como parte de este apartado por no ser necesariamente deseables en todas las situaciones. Si bien pueden ser consideradas esenciales en según qué situaciones, no serán una constante en los requerimientos funcionales aplicables a la hoja interna, por lo que no se consideran estrictamente funciones de acondicionamiento, sino exigencias materiales asociadas.

De las cinco funciones básicas que constituyen las exigencias de acondicionamiento, solamente la estabilidad es plenamente independiente. Se puede satisfacer la estabilidad de la hoja sin cumplir ningún otro requerimiento, pero dependerá del resto de funciones para establecerse como cerramiento propiamente dicho, y el resto de funciones dependen por completo del cumplimiento del principio de estanqueidad al aire para poder darse. De esto se deduce que, si bien la estabilidad del sistema es la base a partir de la que se estructura la hoja interna, la estanqueidad al aire será el aglomerante que asegura un funcionamiento unitario, y retención al fuego, aislamiento térmico, y acústico, son requisitos complementarios, aunque esenciales.

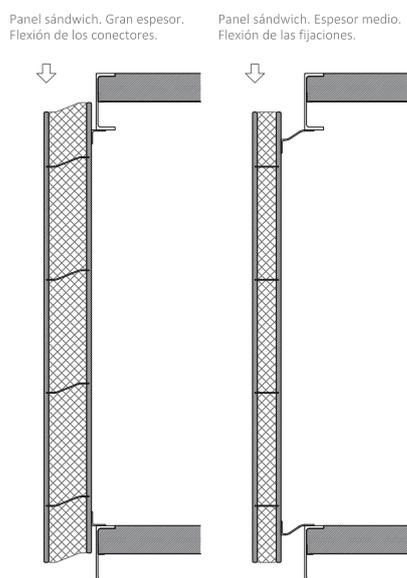
Una solución de panel prefabricado que no satisfaga una de las tres funciones complementarias seguirá siendo plenamente funcional en tanto que esta pueda ser añadida a posteriori, en cambio un panel que aúne dichas funciones, pero en el que no se garantiza la estanqueidad, nunca llegará a desempeñar su trabajo aun cuando como elemento independiente sea correcto en su materialización.

- Estabilidad del elemento o conjunto de elementos constitutivos.

- Estado límite de servicio.

Se trata de la capacidad de la hoja de transmitir su propio peso y las acciones horizontales actuantes sobre su plano, tanto provenientes del interior como del exterior. La acción de la que en mayor medida depende es la carga de viento, en tanto que las acciones procedentes del interior del recinto y el peso propio no son relevantes en general, a excepción de dos casos: paneles tipo sándwich con elementos de gran masa separados y con conexiones puntuales entre ellos, generalmente pasadores metálicos, y sistemas de hoja interior con anclaje a estructura con una notable separación de los cantos de forjado.

En el caso de sistemas estandarizados a base de paneles de gran masa separados por cámara de aire o relleno de



REVISTA ARQUITECTURA Nº110. 1968

De la Sota Martínez. A

_La dimensión más característica de un panel es su propio peso. El espesor no tiene importancia siempre que sea mínimo dentro de su resistencia mecánica.

aislamiento térmico, sin continuidad de material en los cantos, la fijación del mismo a la estructura portante principal, siempre se produce con anclaje mecánico al panel interior. El panel exterior, al poseer en ciertos casos una gran masa, ejercerá notables tensiones de momento flector sobre los pasadores, y a su vez, si existe excentricidad entre estos y la fijación a estructura, el panel interior podrá sufrir pérdidas de planeidad. Como consecuencia, se podría producir el arrancamiento de los pasadores entre paneles, sus anclajes con la estructura, o la fisuración. Si por el contrario la unión se limita a la adherencia entre materiales, el componente de menor consistencia, el aislante, podría fallar, generando el desprendimiento del panel exterior. El único modo de asegurar que esto no se produzca, es el ensayo en laboratorio.

Las acciones horizontales aplicadas sobre la hoja interior se reparten por igual en todos los anclajes si esta se compone de paneles prefabricados, pero las acciones de componente vertical supondrán una mayor exigencia a las fijaciones en la base. En el caso del anclaje de la hoja interior con gran excentricidad respecto a los cantos de forjado, de no soportar los perfiles de cuelgue el peso propio, flectarán excesivamente y se generarán sobretensiones por el apoyo de unos paneles sobre otros con consecuencia de roturas parciales, pérdidas de planeidad, y otras deficiencias que pueden poner en peligro la estanqueidad general.

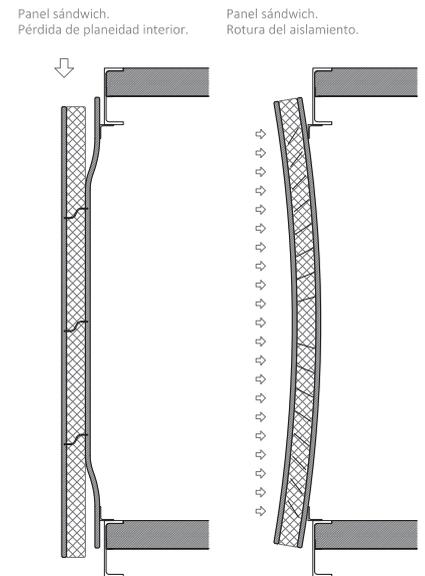
El panel o entramado, deben soportar los picos tensionales que se generan en los puntos de unión mecánica, incrementados por las exigencias externas a las que se ven sometidos. Si se recurre a componentes con alto grado de huecos para la obtención de mejores propiedades térmicas, estos picos tensionales que cualquier fijación produce son especialmente preocupantes. La resistencia que el material base del panel pueda llegar a ofrecer se ve especialmente disminuida, y no solo eso, sino que el espesor deberá ser incrementado para cumplir las exigencias a flexión. Una solución posible será el previo planteamiento de los puntos de conexión, o bien optar por soluciones estratificadas de un mismo material pero con capas con índices de huecos diferentes.

- Estado límite último.

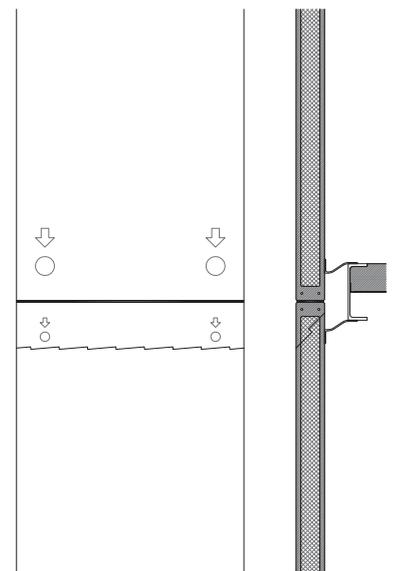
El sistema de cerramiento es susceptible de ser diseñado tanto en dimensiones de componentes como en lo que a su estructura interna se refiere, más aún si se trata de paneles prefabricados. Se debe garantizar que la respuesta frente a las acciones horizontales no pone en riesgo el funcionamiento de la hoja interna, pues una excesiva deformación afectaría a la integridad de los acabados interiores, y podría inutilizar el funcionamiento del sistema de sellado de la junta si las deformaciones no van parejas. En el caso de panel sándwich prefabricado con cantos abiertos, si la integridad general depende de la adherencia de los paneles con el aislante, una excesiva flecha por una mala respuesta a flexión llevaría a la exfoliación por corte del aislamiento, resultando en el desprendimiento de una de las caras.

El buen comportamiento a flecha de la hoja interna depende en exclusiva de la inercia del panel, por lo que la situación ideal es emplear la ley de distribución de masas, logrando así la reducción del peso respecto a paneles macizos. Como contrapartida, la obtención de inercia mediante dicho sistema, se traduce en incrementos del espesor total del conjunto. Paralelamente, las solicitaciones a las que la hoja interior se ve sometida por acción del viento tanto pueden ser de presión como de succión, por lo que la resolución ideal de hoja interior será aquella que pueda responder de igual modo para ambos signos de solicitación.

Las tipologías de panel posibles son múltiples, sin embargo, no todas ofrecen igual respuesta ante este tipo de solicitaciones de signo variable. Existen dos grandes grupos para la clasificación de los paneles según su estructura interna: paneles homogéneos, que siempre tendrán el mismo comportamiento con independencia de la dirección de incidencia de la acción, y paneles heterogéneos, ya sea por estar formados por varios estratos



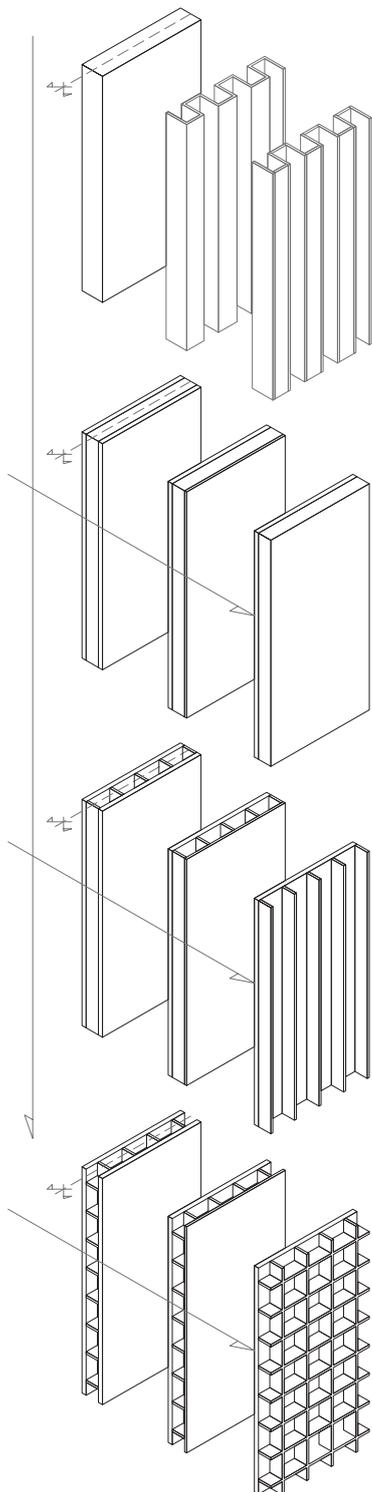
Transmisión de carga en apoyos. Roturas por descenso de panel.



TÉSIS DOCTORAL. LA HOJA INTERNA DE LA FACHADA VENTILADA. ANÁLISIS, TAXONOMÍA Y PROSPECTIVA. Pardal March. C

_Cargas puntuales provocadas por las fijaciones de la hoja exterior sobre la interior.

Homogeneidad e isotropía en los paneles. Flexión simétrica.



TÉSIS DOCTORAL. LA HOJA INTERIOR DE LA FACHADA VENTILADA. ANÁLISIS, TAXONOMÍA Y PROSPECTIVA.
Pardal March. C

_Pérdida de homogeneidad. Cada esquema pierde la isotropía según un eje.

planos de características diferenciadas, o constituirse su componente estructural principal mediante perforación o ranurado en una, o las dos direcciones.

En el caso de que el aligeramiento se base en la perforación, la respuesta del panel será igualmente simétrica ante las solicitaciones si el área de macizo a ambos lados del eje geométrico es la misma, pero en el caso del ranurado, por el contrario, solo funcionaría con corrección ante uno de los sentidos de la acción, pudiendo producirse deformaciones inasumibles, o incluso el fallo, con la inversión de este. Igualmente, este tipo de solución, más aún si el objetivo es quedar con el ranurado a haces interiores, no siempre será deseable de cara al acabado, con lo que en muchos casos se deberá recurrir a trasdosados que asuman esta función.

Cualquier otra concepción de hoja interior de estrato estructural con respuesta simétrica a flexión será perfectamente válida con independencia de la ubicación del resto de componentes, si como se ha comentado tiene una buena respuesta a las acciones actuantes a nivel de deformación.

- o Retención al fuego.

- Solución de hoja interna.

Se trata tanto de oponer resistencia al paso de la llama, como al calor generado durante el incendio. Para cumplir esta función, será necesario asegurar una baja o nula combustibilidad, y una baja conductividad térmica.

La normativa de incendios exige una resistencia mínima de los paramentos EI60 en un tramo de un metro a nivel del forjado cuando exista sectorización por plantas. De tratarse de un recinto único, no se exige el cumplimiento de dicha resistencia, sin embargo parece bastante razonable evitar la propagación entre plantas a través de la fachada con independencia de la sectorización del edificio en la medida de lo posible, sobre todo teniendo en cuenta el efecto chimenea que se puede producir en la cámara ventilada de no estar esta sectorizada, capaz de dar mayor intensidad al fuego y con el consiguiente incremento de su potencia calorífica y velocidad de combustión.

A la hoja interior, no se le exige simetría prestacional en la resistencia al fuego, pero se debe mantener la integridad y capacidad de aislamiento térmico lo suficiente para que la cara no expuesta se mantenga por debajo de 120°C transcurridos esos 60 minutos de resistencia. La garantía de que la solución adoptada será capaz de ofrecer esta resistencia deberá ser aportada por el fabricante si se trata de una solución estandarizada, ya sometida a ensayos en laboratorio. Si por el contrario, la solución de cerramiento es desarrollada en exclusiva para una determinada obra, los ensayos deberán ser igualmente diseñados en particular para esta.

La transmisión de calor varía notablemente de unos materiales a otros, siendo decisivo también para los componentes heterogéneos, su estructura interna. Cabe destacar que los paneles monocapa multifuncionales no son los más habituales, sino que se suele derivar responsabilidades en capas diferentes, de las que nos interesa en particular la que quedará expuesta al fuego.

El tipo de cerramiento puede ver su capacidad resistente más debilitada según el material empleado en el estrato resistente. No se obtendría igual respuesta de un panel en masa de hormigón que de otro con un alto índice de huecos, en el que se limita de forma considerable la transmisión de calor. Los paneles a base de laminados de madera ofrecen también una alta resistencia a la transmisión de calor, pero como contrapartida, irán perdiendo sección efectiva conforme pase el tiempo de exposición, sirviendo como combustible. Las únicas soluciones posibles para solventar este problema serán el ignifugado, y el sobredimensionado, que variará

conforme a la velocidad de combustión y si los restos de la sección calcinada mantienen su posición, protegiendo la madera sana del fuego. La cerámica, por otra parte, sí ofrece una buena respuesta, siempre que la temperatura de cocción de la misma sea superior a la carga de fuego experimentada durante el incendio. Y por último, los paneles metálicos, con un elevado coeficiente de transmisión térmica, verán su integridad fácilmente afectada, en primer lugar por excesivas deformaciones debidas a las grandes dilataciones experimentadas, y finalmente por una notable caída en el límite elástico asociada al incremento de temperatura, pudiendo llegar a producirse una pérdida de capacidad mecánica que lleve al desmoronamiento de la pieza.

Aunque se puede asociar la capacidad estructural de la solución de hoja interna únicamente a uno de sus componentes, posibilidad nada extraña, rara vez serán elementos homogéneos sin más. En el caso del hormigón nos encontramos con armaduras metálicas en su interior, con un comportamiento ante los incrementos de temperatura muy diferente al del resto del panel.

El hormigón, ante la presencia de fuego experimentará cierta pérdida de agua de constitución del mortero, que acabará derivando en el conocido como efecto spalling, desprendimientos de material originados por las tracciones internas generadas por el vapor de agua que intenta salir al exterior. El spalling se ve incrementado por la dilatación diferencial del acero, que llegará incluso a quedar totalmente expuesto al fuego. En el caso de paneles de árido ligero, con un menor coeficiente de transmisión térmica, estas diferencias de dilatación serán aún mayores, con lo que los desconchados provocados por las armaduras son más notables. La única forma de minimizar este efecto, será aproximar la solución de panel a la homogeneidad, lo cual puede ser logrado mediante el armado con fibras de diferentes tipos en vez de redondos de acero.

En el caso de componentes de soluciones multicapa, deberá prestarse especial atención a los materiales de unión, fundamentalmente a los pegamentos, puesto que algunos pierden su efectividad por completo al sobrepasar una temperatura determinada. De cumplirse esta resistencia del material de unión, la capa destinada a quedar expuesta en situación de incendio será la que deba satisfacer los requisitos de resistencia. Este es el caso de los paneles sándwich de chapas acero, que durante el incendio pueden llegar a perder por completo la capacidad de trabajo de la cara interna, por lo que lo ideal será protegerla mediante algún material de acabado, preferiblemente basado en paneles estandarizados para lograr coherencia en la construcción de la hoja.

El factor de forma será también crucial. Con independencia del sistema y material empleados, recurrir a elementos con demasiada superficie expuesta, ya sea por aligeramiento o por necesidad de obtención de una mayor inercia, conlleva peor respuesta que si los mismos poseyesen una cara completamente lisa.

El punto crítico una vez los componentes de la hoja interna son capaces de satisfacer los requerimientos frente a la acción del fuego, serán las juntas, objeto de análisis en el segundo punto del presente capítulo por su estrecha relación con la capacidad estanca de la capa.

- Reacción al fuego.

Garantizar la integridad de la hoja y el aislamiento térmico requerido supone una tarea mucho más complicada de lo que supone mantener la reacción al fuego dentro de lo aceptable, ya que los dos primeros dependen en gran medida de la resolución de la junta y los anclajes a la estructura principal, sin embargo el CTE limita dicha reacción según unos parámetros basados en la combustibilidad, emisión de humos, y desprendimiento de gotas en combustión.

El CTE en su documento DB-SI, establece que los acabados de techos y paramentos deberán ofrecer una reacción



i05. Muestra de hormigón compacto.



i06. Muestra de hormigón curado en autoclave.



i07. Muestra de hormigón aligerado con arlita.



i08. Panel de madera contrachapada.



i09. Panel de madera aligerado.



i10. Panel cerámico para entramado.



i11. Panel sándwich de chapa de acero.



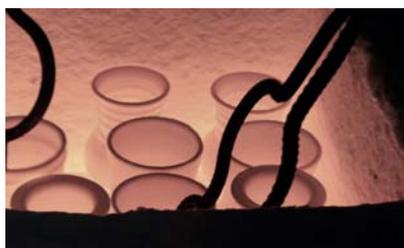
i12. Efecto spalling en el hormigón.



i13. Efecto spalling en el hormigón.



i14. Efecto del fuego en la madera.



i15. Nula o muy baja afectación del fuego en la cerámica.



i16. Efecto del fuego en las chapas metálicas.

al fuego mínima B-s1 d0, o lo que es lo mismo, combustibles con una contribución limitada al fuego, valor de cantidad y velocidad de emisión de humo baja, y nula posibilidad de desprendimiento de gotas inflamadas durante los diez primeros minutos.

Si el panel interior de entramado montado in situ, o el panel prefabricado y estandarizado, no son capaces de satisfacer estas exigencias, se deberá recurrir a un recubrimiento interior que sí lo sea, pudiendo ser desde tratamientos con pinturas hasta paneles, aunque por lo general cualquier solución industrializada ofrecerá mejor respuesta en situación de incendio, a excepción de la madera por emisión de humos y aporte como combustible, salvable mediante determinados tratamientos de ignifugado.

o Aislamiento térmico.

La función de aislamiento térmico pretende ofrecer la máxima resistencia al paso de energía, evitando tanto pérdidas como ganancias excesivas de temperatura, es decir, limitando su paso de dentro a fuera, pero también de fuera a dentro. Esta función suele relegarse a un estrato especializado en el sistema de cerramiento con un muy bajo coeficiente de transmisión térmica, generalmente de baja densidad, cuyo sistema de trabajo es el mantener aire estático ocluido en su interior, de por sí un muy buen aislante, ya sea mediante una estructura de celdas o de fibras. La efectividad de un material aislante es sin embargo mayor a la del aire en reposo, dado que los continuos cambios de medio para la transmisión térmica, suponen un obstáculo mayor para el avance de la energía calorífica.

El aislamiento térmico, sin embargo, no evita las pérdidas por radiación en el sistema. En fachadas provistas de cámaras de aire estancas, no es extraño disponer una lámina reflectante, capaz de devolver esta energía hacia el interior o el exterior según se requiera, y limitando así su pérdida o ganancia. En general, los materiales de mayor calor específico y mayor inercia, actúan como sistemas de absorción de calor por radiación, lo que, aunque no necesariamente se deriva en pérdidas de energía, pues ese calor se puede mantener en el interior del recinto, sí genera un efecto de sensación térmica poco confortable, pues estará robando calor al usuario y provocando así una sensación de frío aun habiendo una temperatura ambiental agradable. Este efecto se produce en tanto ese componente de elevado calor específico no iguale su temperatura con la del recinto.

El CTE en su documento DB-HE establece una serie de valores límite para la transmitancia en los cerramientos según la ubicación del inmueble en la geografía española. El valor general de transmitancia para una solución de cerramiento dependerá de la conductividad térmica de cada uno de los estratos que lo constituye, su espesor, las resistencias superficiales y la resistencia de la cámara si esta es considerada. Dicha norma incluye en uno de sus documentos de apoyo una clasificación de las cámaras de aire según sean estas no ventiladas, ligeramente ventiladas, o muy ventiladas.

Se considera cámara de aire sin ventilar aquella en la que no existe ningún sistema específico para el flujo de aire a su través, sin aislamiento entre ella y el ambiente exterior. Se admite que la hoja exterior posea pequeñas aberturas siempre que no posibiliten la generación de flujos de aire en la cámara, y estableciendo una limitación en superficie para las mismas. La resistencia térmica de una cámara de estas características la define el documento en una tabla en función de su espesor.

Una cámara de aire ligeramente ventilada es aquella en la que aun no existiendo dispositivo alguno para el flujo de aire, posee aberturas comprendidas en un rango más permisivo que la anterior. La resistencia térmica para este caso la establece como la mitad de la correspondiente a los valores de la cámara sin ventilar.

Si la cámara está muy ventilada, la cuantificación de su transmitancia y aporte al funcionamiento general se hace ya muy complicada, puesto que depende de muchos factores: la velocidad del aire en la cámara, el volumen que circula en su interior, el color y material de la hoja ligera exterior y temperatura generada debido a la absorción de radiación, la capacidad de la hoja ligera de reflejar la radiación incidente de vuelta a la cámara o hacia el exterior, si existe sectorización, el tamaño de las juntas, etc. Por esta razón, el CTE establece que para cámaras de aire muy ventiladas, la resistencia térmica total del cerramiento se puede obtener despreciando la colaboración de la cámara de aire y la resistencia térmica de las demás capas entre la cámara y el ambiente exterior, e incluyendo una resistencia superficial exterior correspondiente al aire en calma igual a la resistencia superficial interior del mismo elemento.

Como efecto secundario de los grandes saltos térmicos experimentados entre el interior y el exterior debido a la acción de la capa de aislamiento, la solución adoptada de cerramiento deberá ser analizada de cara a la posible incidencia de condensaciones de tipo superficial o intersticial, siendo estas últimas las más problemáticas.

La aparición de condensaciones en la superficie interior de los paramentos no supone un riesgo excesivo para el funcionamiento general del cerramiento, sin embargo sí puede llegar a acarrear un deterioro significativo de los acabados, situación nada deseable y que deberá evitarse en la medida de lo posible. La comprobación de condensaciones superficiales pasa por la comparación del factor de temperatura superficial interior con el factor de temperatura superficial interior mínimo para las condiciones existentes. De no ser el primero mayor, se producirán condensaciones, y aunque por lo general, satisfacer las exigencias de transmitancia máxima establecidas en el DB-HE asegura que estas no se producirán, sí será necesario analizar los puentes térmicos.

En el caso de las condensaciones intersticiales, de generarse en el interior del aislamiento se producirá una sustitución del aire ocluido por agua condensada, cuya capacidad de transmisión de aire es muy elevada y generará un puente térmico notable, junto con un deterioro del aislante de prolongarse en el tiempo la situación. La razón por la cual se forman este tipo de condensaciones se debe a la fuerte caída de temperatura entre los dos lados del material aislante. El procedimiento para la comprobación de formación de las mismas se basa en la comparación entre la presión de vapor y la presión de vapor de saturación que existe en cada punto intermedio de un cerramiento formado por diferentes capas para las condiciones interiores y exteriores. Para que no se produzcan, se comprueba que la presión de vapor en la superficie de cada capa es inferior a la presión de vapor de saturación de la misma.

Aquellos cerramientos que dispongan de barrera de vapor en su cara caliente, por el contrario, no necesitarán ser estudiados, ya que en esta situación existe garantía absoluta de que no se produce una notable circulación de aire cargado de vapor de agua desde el interior hacia el exterior.

- Aislamiento acústico.

El aislamiento acústico trata de impedir en la mayor medida de lo posible que el sonido penetre en un medio o salga de él, estableciendo una barrera entre el interior y el exterior. Para lograr este objetivo, se puede recurrir tanto a una elevada masa del sistema empleado como a la disposición de materiales absorbentes. La onda acústica, al incidir sobre un elemento constructivo es en parte absorbida, en parte reflejada, y en parte transmitida al otro lado del recinto, por lo que el grado de aislamiento conseguido es la diferencia entre la energía incidente y la transmitida, es decir, equivale a la suma de las partes reflejada y absorbida.

Los sistemas para lograr aislamiento acústico son: factor másico, factor multicapa, y factor de disipación.

AISLAMIENTO TÉRMICO COMO ESTRATO ESPECIALIZADO.

Puede estar incorporado en la solución de panel o no según su grado de prefabricación.



i17. Manta de lana de roca.



i18. Panel de celulosa.



i19. Panel de poliestireno expandido.



i20. Lámina reflectante incorporada al panel de aislamiento.

Puede presentar micro perforaciones para facilitar el paso del vapor de agua.

AISLAMIENTO TÉRMICO COMO PROPIEDAD CONSTITUTIVA.

Dada la composición o estructura interna del material de hoja interna, este posee propiedades aislantes.



i21. Hormigón celular curado en autoclave.

Factor másico: Se consigue aislar por el efecto que supone la gran masa del elemento de compartimentación, a mayor masa, mayor oposición al choque de la onda sonora y mayor atenuación de esta, que es en gran medida reflejada.

Factor multicapa: Si se trata de elementos contruidos con múltiples capas. La buena disposición de los mismos puede asegurar un nivel de aislamiento acústico mayor que el obtenido con la suma del aislamiento individual de cada capa. Cada una de ellas posee una frecuencia de resonancia en función del material y su espesor, por eso si se disponen dos capas de idéntica composición pero espesores diferentes, y por tanto distintas frecuencias de resonancia, la frecuencia que no consiga atenuar la primera capa será absorbida por la segunda.

Factor de disipación: Si entre las dos capas rígidas, siempre con uniones elásticas, se dispone un material absorbente, generalmente de poca densidad y con una gran cantidad de poros abiertos, se mejora notablemente el aislamiento general, ya que se imposibilita la resonancia de las ondas acústicas en la cámara.

Por las múltiples posibilidades de lograr el aislamiento acústico, y por no ser esta una propiedad material específica sino la suma de varios factores, no se puede decir que existan materiales aislantes acústicos, y de no recurrirse a la masa, que se considera que ofrece un aceptable comportamiento aislante a partir de los 300Kg/m³, se deberá ensayar la solución de cerramiento en el lugar para certificar el adecuado nivel de confort acústico obtenido.

En el caso de recurrirse al factor másico, el incremento de las propiedades de aislamiento pasa por un simple incremento de espesor y consiguiente aumento en la masa total, en cambio el factor de disipación es considerablemente más complejo, debiendo ser sometido a estudio.

El éxito general de la solución dependerá no solo del sistema elegido, sino de la materialización del mismo. Es fundamental la correcta ejecución de la junta, si lleva o no incorporados conductos de instalaciones, etc. pero sea como sea, deberá efectuarse una medición final in situ.

- Estanqueidad al aire

El grado de fiabilidad de los componentes en cuanto a su capacidad de impedir el paso del aire a su través es tal en la actualidad, que realmente la garantía de estanqueidad en el conjunto depende casi por completo del sellado de la junta entre elementos. La sobrepresión en la cara exterior de los paramentos no genera infiltraciones hacia el interior si esta está bien resuelta, sin embargo, sí se posibilita la transpiración a través de las zonas ciegas, a excepción de contados casos en los que como parte de la solución nos encontramos con materiales impermeables al vapor de agua.

Las carpinterías suponen uno de los puntos más delicados en su encuentro con la hoja, pues dependen en gran medida de su resolución geométrica en la junta para limitar el paso del aire. Los controles a los que se someten las carpinterías son garantía de un límite en el nivel de permeabilidad, pero siempre se suponen estancas en el encuentro con la hoja interior. Si la solución de cerramiento se basa en la prefabricación de grandes paneles, estos podrán incorporar las carpinterías de modo que se tenga la certeza de que no existirá debilitamiento en el encuentro, el problema surge en la disposición en obra de las mismas, dependiendo por completo de la capacidad del operario y de los márgenes de error dimensionales con los que las diferentes unidades de obra se puedan trabajar y coordinar. Si además se recurre a sistemas mecanizados para el encuentro y sellado entre componentes, la posibilidad de fallo en la realización de uno de ellos aumenta notablemente por las exigencias de diseño que lleva parejas, aunque supone una ventaja en tiempos de ejecución respecto al uso de morteros o

conglomerantes poliméricos, pues no será necesario realizar esperas durante los tiempos de fraguado o secado.

El CTE cuantifica los valores de las filtraciones admisibles en los elementos practicables de las carpinterías, pero no se hace referencia alguna a la posibilidad de penetración de aire a través de las partes ciegas o en los encuentros entre sus componentes, dando por sentado que dicho efecto no se produce en ningún caso. No se conoce normativa alguna que establezca limitaciones a estos efectos, sin embargo, admitirlas supondría la completa revisión de las clasificaciones de las carpinterías, ya que el volumen efectivo de aire infiltrado sería mayor, y no podrían clasificarse solamente en función de la propia carpintería, sino que las limitaciones en los tipos permisibles variarían según la superficie de cerramientos del local y la exposición al viento de los mismos.

Cualquier solución de hoja ya sea a base de componentes o subproductos dispuestos en obra, debería ser ensayada para verificar su capacidad de resistencia a la penetración del aire, ya que a diferencia de los tipos de carpintería, no es aceptable permitir libertad alguna en su estanqueidad para así poder controlar con total rigor y pleno conocimiento la renovación de aire interior y las pérdidas energéticas asociadas. La multitud de soluciones posibles, tanto en concepto como en materiales, limita en gran medida el establecer una clasificación por grupos, lo que conlleva la necesidad de comprobaciones in situ.

Se debe garantizar la estanqueidad general del cerramiento, pero sobre todo es necesario impedir cualquier filtración concentrada por unidad de superficie, algo muy a tener en cuenta en las disminuciones de sección en la hoja interna, como el caso de los cajeados para instalaciones.

3.1.2- Exigencias materiales a la hoja interior.

Se trata de características asociadas a la solución de cerramiento que pueden resultar, o no, deseables. Las exigencias de acondicionamiento son una constante en todo caso de la hoja interior, y en las múltiples opciones de materialización conllevan funciones asociadas de gran peso en la decisión de la selección.

- Inercia térmica.
- Absorción acústica.
- Reducción del peso.
- Reducción del espesor.

Este tipo de funciones asociadas acompañan al funcionamiento general del sistema, y pueden darse o no con total independencia las unas de las otras. Son exigencias ligadas o bien al material de composición del cerramiento, o a la materialización de su solución. Si están vinculadas al material, alcanzar dicha propiedad se limita a la selección de aquel que pueda dar respuesta a tal requerimiento en las capas externas, generalmente hacia el interior de la estancia, sin embargo, de tratarse de una exigencia vinculada a la configuración misma del sistema, su obtención se basará en el equilibrio entre las propiedades de densidad y espesor de cada material, y el orden en su combinación.

La búsqueda de estas propiedades no debe interferir en la consecución de las exigencias de acondicionamiento, disminuyendo la efectividad de la hoja en tal desempeño, y de acuerdo al principio de optimización a través del uso de componentes multifuncionales, las exigencias a los materiales no deben tratarse mediante capas añadidas para suplir carencias en los elementos principales del sistema de cerramiento, sino que se deberá emplear aquella solución capaz de satisfacer acondicionamiento y propiedades residuales conjuntamente. Las

exigencias vinculadas a la configuración del sistema, por su parte, serán fruto del ensayo de múltiples combinaciones, en busca del aprovechamiento de las características deseables de cada material en combinación con su estructura geométrica y espesor.

En el caso de materiales compuestos desarrollados en laboratorio, será posible la modificación de determinadas propiedades en mayor o menor medida, pero dichas alteraciones siempre irán parejas a cambios subsidiarios en las demás características asociadas, por lo que la obtención del equilibrio dependerá del ensayo en condiciones controladas, generalmente en base a una alteración progresiva y medición de resultados del producto en cuestión.

- o Inercia térmica.

La inercia térmica del cerramiento supone la acumulación de energía calorífica en los materiales que conforman el sistema en contacto con el espacio habitable. Este almacenamiento contribuye a regular el intercambio térmico, siendo este progresivo, ralentizando los procesos de calentamiento y de enfriamiento al actuar como acumulador o emisor en función de si se encuentra a menor o mayor temperatura que la del ambiente.

La idoneidad de la inercia térmica depende de las pautas de uso del edificio, así en ciclos de ocupación prolongados y continuados, la inercia térmica permite establecer un ambiente estable térmicamente hablando, mientras que si se trata de espacios de uso puntual, la no adopción de un cerramiento con una gran inercia conlleva tiempos más reducidos para su calentamiento y por tanto menor consumo energético.

Para la consecución de la inercia, suele recurrirse en construcción a materiales de gran masa y alto calor específico, lo que lleva parejos incrementos en la sección y el peso del componente. La búsqueda de la acumulación de energía tiene sin embargo efectos secundarios asociados a los materiales de alto calor específico que van en contra de su principio básico, la obtención de un determinado nivel de confort, que se debe a la capacidad de absorción de calor de radiación. En condiciones estables de temperatura ambiente, los acumuladores térmicos pueden provocar en el usuario una sensación térmica inferior a la existente, debido a que absorben el calor que el cuerpo humano irradia.

El CTE no refleja ninguna exigencia a los valores de inercia térmica, quedando por completo a criterio del proyectista.

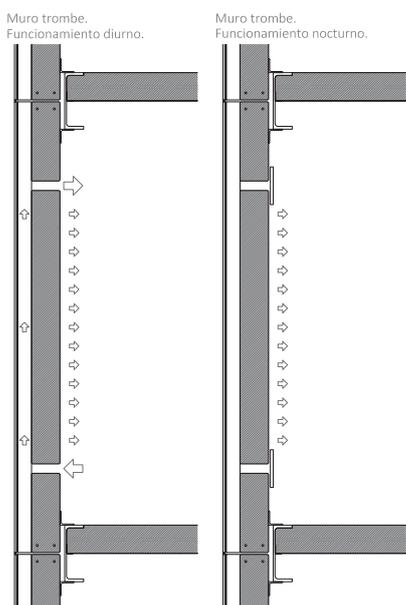
- o Absorción acústica.

Aunque todo elemento constructivo es susceptible de satisfacer ciertas necesidades de absorción acústica, y en especial se recurre a soluciones de suelos y techos, emplear determinados componentes de cerramiento como apoyo puede ser necesario en determinadas situaciones con exigencias muy específicas. Así, una vez se cumple con las necesidades de aislamiento acústico en el cerramiento, el nivel de absorción que los elementos de construcción aportan a la estancia viene a determinar la calidad de la acústica en la misma. Una excesiva reverberación provocaría alteraciones en la percepción sonora por el rebote de las ondas y el consiguiente desfase entre estas al llegar al receptor.

El CTE en el DB-HR no establece requisitos mínimos al nivel de reducción acústica para los elementos de cerramiento, sino que se limita los tiempos de reverberación experimentados en el interior de los locales en función del uso previsto para los mismos, siempre en consideración a una situación de desocupación total.



i22. El muro trombe se basa en el aprovechamiento de la inercia térmica de la piedra para el acondicionamiento térmico en el interior.



La capacidad de absorción acústica se encuentra vinculada a determinadas propiedades intrínsecas a ciertos materiales o compuestos, por lo que los sistemas de trabajo de los mismos para lograr dicha atenuación varían: resonador Helmholtz, resonadores de membrana, y materiales porosos.

Resonador Helmholtz: Un resonador Helmholtz es un volumen de aire contenido en una cavidad con al menos una abertura. Existen varios tipos, sin embargo en arquitectura el más interesante es el resonador de cavidad múltiple. Se conforman por un panel rígido y no poroso con perforaciones circulares o ranuras, dispuesto a una distancia determinada del tabique o forjado. El aire que existe en las cavidades se comporta como una masa, mientras que el contenido en la cámara responde como si de un muelle se tratara, estos dos elementos, muelle y masa, dan lugar a un sistema resonante, con un pico de absorción en la frecuencia coincidente a la de resonancia. El aire contenido en las perforaciones del panel vibra con la llegada de los frentes acústicos, generándose rozamiento entre las partículas de aire y las paredes del panel, y por tanto generando capacidad absorbente.

Resonadores de membrana: Se constituyen por un material no poroso con una determinada rigidez montado entre bastidores, dispuesto a una cierta distancia del tabique o forjado. Al incidir la onda acústica sobre el panel, este entra en vibración. El efecto de absorción se debe a la pérdida de la energía incidente al ser transformada en energía mecánica, y las frecuencias absorbidas serán aquellas que coincidan con la de resonancia del material, fuera de ese rango, no será efectivo.

Materiales porosos: Es el método más extendido en la arquitectura por la sencillez de aplicación que conlleva, los materiales porosos de poro abierto consiguen la atenuación de la reverberación por efecto del rozamiento de la onda con las paredes o filamentos de las que se compone, transformando esta energía en calor. Influyen la densidad, el espesor, y la distancia de colocación con respecto a las paredes, y muestran mayor facilidad y capacidad de absorción para altas frecuencias. Este sistema, sin embargo, puede presentar problemas a la hora de aplicarlo en los componentes de hoja interna, ya que la necesaria porosidad entra en conflicto con algunas soluciones de aislamiento acústico, tanto si se basan en el incremento de la masa, como en la modificación de la longitud de onda en base al sistema rígido-resorte-rígido, por lo que en contra de la lógica de multifuncionalidad de los componentes, puede resultar necesario recurrir a componentes especializados añadidos.

- o Reducción del peso.

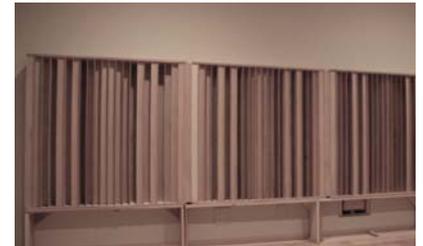
La búsqueda constante del aligeramiento de los componentes de cerramiento conlleva un mayor esfuerzo de elaboración en los mismos, y la necesidad de plantear estratos capaces de suplir las carencias derivadas de dicha reducción en el peso. La disminución asociada en la cantidad de material empleado supone un importante descenso en el impacto medioambiental derivado de la construcción, no solo por el componente de hoja interna, sino por las menores exigencias a la estructura como consecuencia de significativas reducciones en las cargas muertas.

Del aligeramiento de los paneles de cerramiento se obtiene por tanto un abaratamiento significativo, pero no solo por la menor cantidad de materia prima, sino por la simplificación de los procesos de montaje. Un componente relativamente ligero ofrece menores problemas en su colocación, fácilmente abordable por un número reducido de operarios, y a esto se suma la rapidez de trabajo y de transporte, con el consecuente ahorro de combustible.

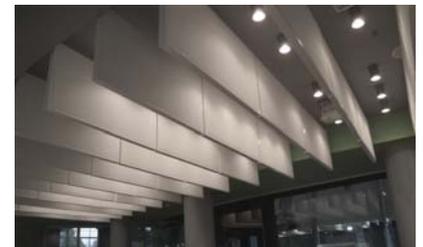
Como contrapartida, se debe cuidar que el aligeramiento no conlleve mermas en la capacidad autoportante general, ya sea mediante refuerzos internos en el estrato resistente, que es el que a su vez mayor masa aporta al



i23. Resonador de Helmholtz.



i24. Resonador de membrana.



i25. Panel de absorción acústica.

conjunto, o la adición de capas capaces de salvar tal limitación.

Otra propiedad que se ve afectada es el aislamiento acústico por masa, cuya efectividad desciende proporcionalmente con esta, motivo por el cual los sistemas de fachada ligera suelen desvincularse de este principio, y se recurre a la modificación de la longitud de onda sonora. De esto se destaca la importancia en la selección del material a utilizar, ya que no todos trabajan en base a los mismos principios, ni pueden ser sometidos a las mismas exigencias.

o Reducción del espesor.

Permite optimizar la relación entre la superficie construida y la superficie útil, así en casos de poca superficie en planta cualquier ganancia posible será fundamental, e irá parejo a un incremento en el beneficio económico.

Las limitaciones a la reducción del espesor en la hoja interna son principalmente de carácter prestacional dado que los diferentes componentes deben mantener unos espesores mínimos para dar solución a las necesidades de acondicionamiento, y en el caso particular de soluciones con madera, el comportamiento de esta ante situaciones de fuego obliga a condicionar en mayor medida su sección a causa del sobredimensionado exigido.

3.1.3.- Servicios asociados a la hoja interior.

Este tipo de servicios consisten en exigencias a la hoja interior con un claro objetivo de simplificación constructiva en los procesos de montaje, y arquitectónica en la dinámica de uso de la estancia interior. Se refiere tanto a la incorporación de elementos ajenos a las funciones propias de la fachada, como a la adición o adaptación geométrica de alguno de sus componentes para dar solución a alguna necesidad propia de la estancia. Se busca la extensión de los servicios del cerramiento más allá del acondicionamiento.

La validez del cerramiento como soporte de instalaciones permite desarrollar paneles o soluciones de entramado que contengan las líneas de cableado eléctrico, los cajeados, enchufes, tomas de datos, puntos de luz, sistemas de ventilación y renovación de aire, etc. Todos ellos susceptibles de ser albergados en la hoja interna. Existen instalaciones que, si bien no presentan dificultad técnica para ser igualmente incorporadas, ofrecen limitaciones de cara a posibles reparaciones o sustituciones ante posibles incidencias derivadas de su deterioro, en este caso su incorporación en la solución de fachada queda completamente desaconsejada, siendo recomendable la disposición de las mismas en una ubicación fácilmente accesible aun pudiendo vincularse igualmente a la hoja interior en su trazado si esta incorpora las fijaciones necesarias.

Las funciones al servicio del uso en la estancia consisten en resoluciones arquitectónicas resueltas en el cerramiento que, si bien implican un mayor esfuerzo en el proceso de diseño, conllevan una importante simplificación en el espacio interior. Este tipo de soluciones conlleva el necesario desarrollo de componentes específicos a cada función de uso, pero que igualmente pueden ser sometidos a estandarización de proliferar su utilización. Abarcan desde espacios de almacenamiento o mobiliario, hasta la incorporación de sistemas de control lumínico, como persianas o contraventanas.

Si la solución íntegra de tales servicios se somete a las particularidades de la prefabricación, generalmente en paneles enterizos de grandes dimensiones, los controles al cumplimiento del acondicionamiento de los mismos estarán asegurados, pero si por el contrario se basan en la disposición de entramados, con un menor grado de



i26. Panel prefabricado de fachada con huecos y premarcos colocados.

prefabricación, la solución debe ser estudiada en profundidad en la fase de diseño para que en ningún caso supongan mermas en los requerimientos básicos de cerramiento. La adaptación de los diferentes estratos debe llegar ya ejecutada a obra, de modo que no sea necesario efectuar cambios ni mediciones en obra.

3.2.- Influencia de la estanqueidad en las demás funciones.

Como panel, se puede dar una adecuada respuesta a las exigencias a las que se verá sometida la hoja interior, incluyendo la estanqueidad, pero como conjunto, la complicación reside en la efectiva resolución del encuentro entre componentes. La tendencia de la prefabricación pasa por la necesaria descomposición de la construcción en subproductos o fracciones que faciliten la manipulación y una mayor eficiencia en el desempeño de su labor, en base a un mayor control en el proceso de elaboración, pero conlleva la debilidad en el encuentro entre estos. De la correcta resolución de la junta depende por completo la aptitud de la solución planteada y el aprovechamiento de las propiedades conferidas a tales componentes. Si esta es ineficaz, no se podrán satisfacer las exigencias de retención al fuego, aislamiento térmico, y acústico, y el conjunto fallará en su cometido.

De la junta se debe exigir la continuidad de las propiedades de acondicionamiento del panel según sea la organización de estratos en este, por lo que el planteamiento variará enormemente según si se recurre a entramado o paneles prefabricados de solución integral.

En el caso de los entramados, asumiendo que la junta sea capaz de resistir las exigencias aplicables que puedan poner en riesgo su integridad, en particular la resistencia al fuego, solo se requiere salvar la continuidad de la superficie definida por alguno de los estratos resistentes, ya que el resto de estos se basarán en nuevas capas añadidas a posteriori que asegurarán entre otras funciones, el aislamiento térmico de la junta. En hojas constituidas por paneles prefabricados, de existir continuidad de las propiedades de aislamiento térmico en sus cantos, la junta debe ofrecer una resistencia similar a tal efecto además de asegurar la estanqueidad, ya sea creando una cámara de aire estanco o empleando un material aislante. Si por el contrario se asume el puente térmico en los cantos por motivos de resistencia del panel, la junta podrá simplificarse quedando como único requerimiento la estanqueidad.

3.2.1.- La estanqueidad y la retención al fuego.

Asegurar la estanqueidad entre paneles supone el control de las juntas horizontales y verticales entre componentes, pero en el caso del fuego si no se sectoriza y limita su paso entre plantas, el riesgo de propagación se dispara. Si la hoja interior pasa por el frente de los forjados, reduciendo así el número de juntas al máximo, una vez se resuelve la sectorización entre plantas ya sea mediante sellados resistentes o resoluciones geométricas que lo posibiliten, el único requisito restante para satisfacer la retención al fuego será por tanto el planteamiento de las juntas.

Para mantener bajo mínimos el riesgo de propagación del fuego y su intensidad, será esencial garantizar tanto la correcta ejecución de la junta de estanqueidad al aire, como la resistencia de esta frente a la acción de las llamas y el calor. En el caso de que cualquiera de estos requisitos no se satisfaga, el recinto interior quedará expuesto a la influencia del viento y el aporte de oxígeno procedente del exterior, así en caso de producirse una sobrepresión que derive en infiltraciones, se avivará el fuego y aumentará la temperatura y velocidad de avance.

De forma paralela, las fuerzas de succión en la cara opuesta llevarán a la incidencia de la llama en el canto de los componentes de la hoja interior y la salida de esta a la cámara. En casos determinados, en los que los paneles o elementos de entramado se constituyan de materiales inflamables, la exposición de sus cantos favorecerá el inicio del proceso de combustión de tales piezas, y el contacto con la cámara ventilada, el efecto chimenea. Este efecto es fácilmente salvable de existir sectorización entre plantas, pero aun así, al igual que en el caso de infiltración de aire al recinto, el aporte constante de oxígeno al fuego no hará sino alimentar las llamas.

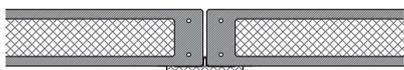
En el CTE, como se ha recogido previamente, se especifica una resistencia mínima entre sectores de incendio EI60, pero parece razonable extender dicha exigencia no solo a sectores sino entre plantas, por la laxitud que conlleva. Dado por tanto, que la contención del fuego depende por igual de la efectividad de la solución de hoja como de la junta que la resuelve, el fallo de cualquiera de ellos implicará el fallo general y su posible colapso, por lo que exigir una resistencia igual o superior a esos sesenta minutos a la solución de junta asegurará la integridad del conjunto. Al igual que el panel, debe ofrecer resistencia al paso de la llama y a las excesivas temperaturas generadas, lo que se traduce nuevamente en baja o nula combustibilidad y baja conductividad térmica, sin embargo, en el caso de que la solución de hoja interior conlleve la descomposición en estratos capaces de generar continuidad en la envolvente térmica independientemente de tratarse de piezas de múltiples componentes y estandarizadas, una resolución de junta con alta capacidad de transmisión térmica seguirá siendo efectiva si se mantiene en la cara interior y no genera puente térmico con la cara fría, en tanto en cuanto su integridad y uniones no se vean comprometidas.

Existen varias posibilidades de junta de estanqueidad en cuanto al grado de exposición de la misma frente a la acción del fuego.

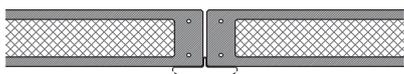
Junta protegida frente al fuego: El material de sellado puede quedar protegido por el propio estrato resistente a través de una resolución geométrica más o menos compleja, o bien por medios auxiliares. Con todo, la respuesta del sellante a las elevadas temperaturas debe ser estable desde el punto de vista dimensional y geométrico, y no debe verse afectada su integridad, llevando a disgregaciones en su estructura interna, por lo que se debe tener especial precaución con compuestos de sellado poliméricos.

De resolverse a través de la resolución geométrica del componente, la resistencia será la propia del material con el que se constituye, sin embargo dicha geometría puede conllevar disminuciones en el espesor en los bordes, con lo que la resistencia efectiva en estos puede ser menor que la característica del panel. Se debe estudiar y ensayar, y en caso de necesidad, reforzar estos puntos, siempre bajo la garantía del fabricante.

Junta protegida frente al fuego. Protección aislada.



Junta protegida frente al fuego. Pinturas intumescentes.



Junta expuesta al fuego.



La segunda posibilidad conlleva la utilización de sistemas capaces de mantener la llama alejada aun a costa de su propia integridad el tiempo suficiente para cumplir las exigencias de incendio. Podrá emplearse cualquier componente no combustible e incluso combustible en un espesor tal que garantice un tiempo de resistencia mínimo. Otra opción serán componentes con cambios en su estructura ante grandes saltos térmicos capaces de generar un colchón aislante que mantenga la llama alejada o bien susceptible de generar un sellado, como las pinturas intumescentes.

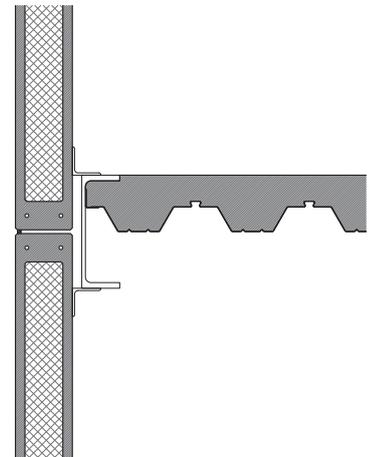
Junta expuesta al fuego: Se considera junta expuesta aquella cuya resolución íntegra se basa en un único mecanismo dispuesto en el estrato de hoja interior en contacto con el recinto y basado en la combinación de diversos materiales, en algunos casos con propiedades antagónicas, para resolver la limitación de penetración de aire y ofrecer resistencia al efecto del fuego. Además de mantener su integridad y su geometría no debe ser combustible, y de serlo deberá garantizar el tiempo mínimo de efectividad requerido.

La posibilidad de resolución con una junta de estas características supone una gran ventaja por la simplificación de colocación y montaje, pero también de corrección de errores o sustitución de piezas.

Al igual que en el caso de los medios auxiliares para sellados protegidos, son susceptibles de ofrecer respuestas al salto térmico como la pintura intumescente, garantizando las prestaciones de componentes de materiales con mal comportamiento ante el fuego, al quedar así protegidos.

Junta sin exposición al fuego: Este tipo conlleva una resolución constructiva muy específica, y se basa en la utilización de componentes enterizos entre forjados, tanto prefabricados como de entramado. Al realizarse el encuentro entre paneles a la altura de los forjados, la junta horizontal no se verá expuesta al fuego en tanto exista resistencia por parte del estrato en contacto con la estancia y la unión continua con el forjado, se basa por tanto en la protección de la junta a través del diseño de la construcción, aunque deberá igualmente resolverse su estanqueidad.

Junta sin exposición al fuego.



3.2.2.- La estanqueidad y el aislamiento térmico.

Tal como se le exige a los diferentes componentes del tramo ciego, el objetivo de la resolución de junta es establecer una barrera a la transmisión de energía, referido tanto a pérdidas como a ganancias indeseadas del interior al exterior y viceversa. Se necesita dar continuidad a la capa resistente frente a las acciones horizontales, sin debilitamientos.

La función de aislamiento y supresión de pérdidas del aire calefactado interior en la solución constructiva general se relega habitualmente, tal y como se expuso con anterioridad a un estrato especializado de bajo índice de transmisión, generalmente de baja densidad, basado en la retención de aire en estado de reposo. Esta propiedad de aislamiento no siempre será extrapolable a la línea de encuentro entre componentes, dependiendo sobretodo de la solución adoptada, llegando incluso a asumirse las pérdidas o ganancias por conducción térmica en dicho encuentro.

Mantener el aire del recinto separado del exterior e impedir la infiltración, reduce las posibilidades de experimentar transferencias de energía a la conducción térmica en la junta, para lo que se tiene que producir un trasvase de esta del aire a un sólido, con la consiguiente dificultad añadida que el cambio de medio supone. No obstante, en función del diseño del panel o sistema de entramado, es posible conseguir cierto grado de aislamiento en las juntas entre paneles, lo que eliminaría o al menos reduciría este problema.

La normativa de ahorro de energía establece límites para la transmitancia en los cerramientos, pero las juntas constituyen puntos débiles por tratarse de discontinuidades, y para estas no existe referencia alguna en cuanto a la diferencia límite de transmitancia con el tramo continuo. Una diferencia demasiado grande, daría lugar a un puente térmico notable, pudiendo derivar en el deterioro de los materiales y el fallo de estos, por lo que el proyectista deberá tomar las precauciones y establecer los límites que estime oportunos en base a la durabilidad de la solución.

Consecuencias del fallo en la estanqueidad en el acondicionamiento térmico:

Pérdidas de aire calefactado: En una situación de incidencia de viento a alta velocidad, las altas presiones generadas a barlovento se acompañan por succiones de magnitud proporcional a sotavento. Si los encuentros

entre elementos de la hoja interior no son efectivos y falla la estanqueidad, las infiltraciones producidas irán acompañadas de la extracción del aire interior a sotavento. Esta situación genera una renovación no deseada del aire interior, haciendo inefectivo en muchos casos el sistema de calefacción instalado.

Corrientes de aire interiores: La presión ejercida por el viento incidente da lugar a infiltraciones de pequeño volumen pero alta velocidad, lo que genera corrientes de aire en el interior del local. Estas pequeñas corrientes pueden producir sensaciones desagradables en el usuario por choque térmico entre zonas muy próximas, llevando a una considerable pérdida en el grado de confort general.

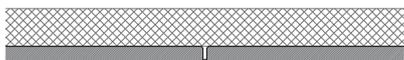
Descenso de temperatura localizado: La caída de la temperatura en los materiales circundantes a la infiltración da lugar a condensaciones superficiales que atacan su integridad.

Humectación de los aislantes: La generación de corrientes de trazado horizontal desde el exterior al interior del local, pasando por la cámara, puede producir el arrastre de gotas de agua que, en según qué casos, se podrán depositar en los aislantes hidrófilos, y al ser estos permeables acabarán por perder su capacidad de aislamiento, derivando en un deterioro progresivo. Por el contrario, en la cara a sotavento, si existen filtraciones del interior al exterior en zonas con alto contenido de vapor de agua, la rápida caída de temperatura al atravesar el aislante dará lugar a la condensación y depósito de pequeñas gotas entre las fibras del aislamiento, con idéntico resultado.

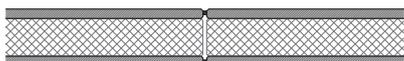
Solución de estanqueidad según la configuración de la envolvente térmica:

Hoja estructural simple con aislamiento en cámara ventilada: La función del aislante es mantener el aire ocluido en su interior, pero si es de poro abierto, aunque sea una envolvente continua sobre paneles prefabricados, una abertura entre estos dejará paso al aire en movimiento. Una resolución de junta estanca por el interior o exterior será suficiente para garantizar la resistencia a la penetración del aire, eliminar el arrastre del agua, y que no se produce puente térmico por conducción en el encuentro de paneles. Si el grueso del panel lo permite, una resolución geométrica del canto ayuda a mejorar su eficacia.

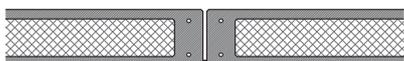
Hoja estructural simple con aislamiento en cámara ventilada.



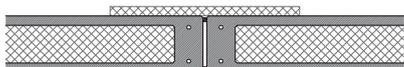
Hoja tipo sándwich sin continuidad estructural en sus cantos.



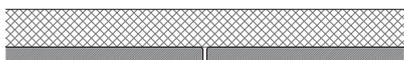
Hoja tipo sándwich con continuidad estructural en sus cantos.



Hoja tipo sándwich con continuidad estructural en sus cantos y cobertura del puente térmico.



Hoja estructural simple con aislamiento continuo proyectado.



Hoja tipo sándwich sin continuidad estructural en sus cantos: Si el aislante no se encuentra en contacto con la cámara ventilada sino formando un sándwich, la capa exterior lo protege de cualquier incidencia de agua, pero en la línea de encuentro sigue siendo vulnerable. El sellado por el interior y exterior genera entre las dos capas una cámara de aire de reducidas dimensiones capaz de aislar térmicamente, en menor grado que el aislamiento, pero no se produce por tanto pérdida ni por convección, ni por conducción.

Hoja tipo sándwich con continuidad estructural en sus cantos: En este caso el puente térmico será inevitable, considerándose como algo a asumir en el proyecto. En esta situación es innecesario buscar el aislamiento en el encuentro, por lo que una junta simple a haces interiores sería suficiente desde el punto de vista de acondicionamiento térmico. Si se añade una capa de aislamiento para reducir la transmisión a través de los nervios perimetrales, por el contrario, no sería desaconsejable generar dicha cámara en tanto que una separación excesiva no pueda dar lugar a corrientes a través del aislante, de ser este hidrófilo.

Hoja estructural simple con aislamiento continuo proyectado: El empleo de aislantes como el poliuretano proyectado permiten crear una capa con una buena resistencia al paso del aire a su través al tiempo que se constituye la envolvente térmica. La junta interior, desde el punto de vista de la estanqueidad, no sería necesaria, sin embargo el mal comportamiento del poliuretano a efectos del fuego obligaría a proteger estos encuentros, ya que de no hacerse la posibilidad de combustión en caso de incendio se incrementaría

notablemente. Desde el punto de vista de la búsqueda de sistemas constructivos fundamentados en la prefabricación integral, se trata de un método poco atractivo, pero es la mala respuesta a efectos del fuego lo que lo hace completamente desaconsejable.

3.2.3.- La estanqueidad y el aislamiento acústico.

El sonido se dispersa por medio de ondas, ya sea a través de un medio gaseoso, líquido o sólido, en una dirección continua de pulsos esféricos. Cuando una onda sonora incide sobre una superficie provista de alguna abertura, la traspasa y se produce el denominado efecto de difracción. Este fenómeno consiste en que todos los puntos situados en el plano de dicha abertura se comportan como si de una fuente secundaria de emisión de ondas se tratara, llamadas ondas difractadas.

La cantidad de difracción experimentada variará en función del tamaño de dicha abertura y de la longitud de onda del sonido. Cuando el tamaño de la perforación es pequeño en comparación con la longitud de onda, los efectos de la difracción son grandes y el sonido se comporta como si su fuente de emisión se encontrara en la ranura del plano, y así será percibido por el usuario.

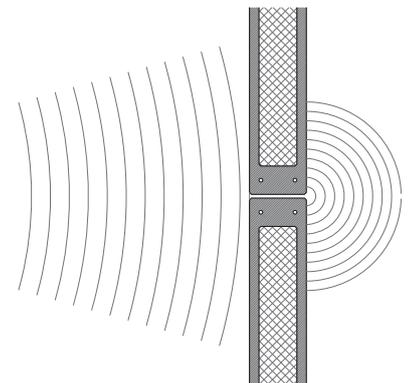
Debido a este fenómeno, la más mínima discontinuidad en el plano de cerramiento provocará la pérdida de la capacidad de aislamiento acústico general de la fachada. Dado que, como anteriormente se ha comentado, no existe material alguno entre cuyas propiedades se encuentre la de aislamiento acústico, se debe recurrir bien a la absorción del material de junta, o bien al factor másico.

El recurso al factor másico parece inviable en cuanto se pretenda conseguir un sistema de montaje mecanizado, puesto que las reducidas dimensiones que generalmente presentará la junta impiden por igual la colocación como la elaboración de un componente de tales características. La escasa posibilidad de adaptación que un sistema de sellado de junta de este tipo pueda asumir propician además una alta probabilidad de fallo por movimientos entre piezas y tensiones diferenciales, además de una escasa capacidad de adaptación a las singularidades morfológicas de los paneles, favoreciendo que puedan existir oquedades descubiertas por las que igualmente se produzca el fallo del aislamiento acústico. Si por el contrario, se decide recurrir a juntas elaboradas con masillas o morteros, en contra de la lógica de la prefabricación, se elimina por completo la opción de corrección de errores sin pasar por un proceso de picado y eliminación de restos, y de igual modo dependerá en gran medida del correcto curado y la plasticidad del material para que no se produzcan fisuras.

La lógica lleva a la elección de un material absorbente para la ejecución del sellado, de modo que las ondas sonoras se disipen progresivamente con su avance en forma de calor por efecto de la fricción. Este tipo de sistema conlleva una adaptación con garantías a todas las singularidades que pueda presentar el hueco, y si además se acompaña de una membrana hacia la cara más externa para generar una cámara de descompresión, las vibraciones que esta experimente contribuirán a esta disipación.

Igualmente estas consideraciones variaran notablemente según la solución de hoja interna, así si el aislamiento es de poro abierto, formando una envolvente continua y pasante frente a la junta, este material contribuye de forma notable a la absorción. Si por el contrario, la junta se resuelve mediante un encuentro machihembrado, el solape frente al cordón de sellado puede ser suficiente, al menos si se trata de paneles de elevada masa.

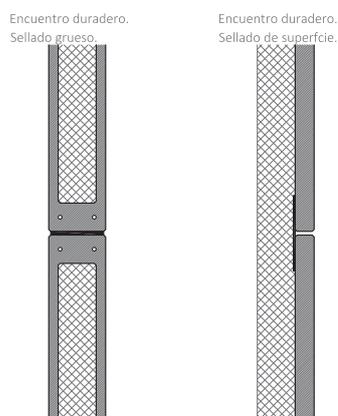
Efecto de difracción de las ondas sonoras.



3.3.- Exigencias a la prefabricación en la junta.

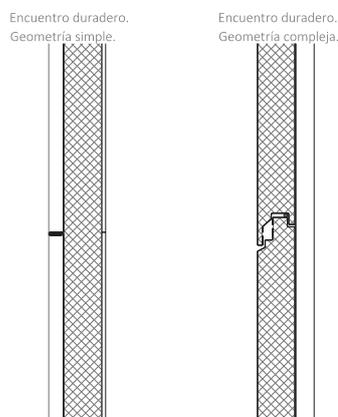
De la resolución de los encuentros entre elementos en un mismo sistema o de sistemas diferentes depende en gran medida la calidad del producto final. Si bien la fachada al completo puede realizarse en taller, la junta siempre se dispondrá en la obra, y debe por tanto estar bien planteada con anterioridad.

Los criterios que intervienen en el diseño de los encuentros son el espesor, la homogeneidad de los materiales que rematan las testas y las posibilidades de conformación del material. Cuando el encuentro no se da entre elementos del mismo sistema la situación se complica ya que no siempre será conocida la geometría que reciba al panel. La clasificación de los encuentros parte de la agrupación de las exigencias aplicables a los mismos, y en muchos casos estas serán simultáneas, pudiendo incluso darse todas ellas a la vez.



3.3.1.- Encuentros duraderos.

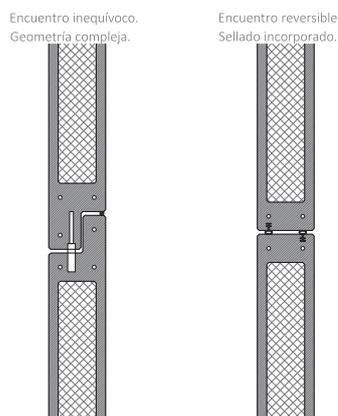
Asegurar la continuidad de la envolvente. Las juntas deben garantizar la continuidad en la satisfacción de las funciones que resuelve el panel. La función que mayor repercusión tiene en el diseño de estas juntas es la de estanqueidad, tanto al aire como al agua, aun siendo función de la hoja ligera exterior la protección contra esta última. Para conseguir la estanqueidad de las uniones se puede recurrir tanto al sellado, no aconsejable desde el punto de vista de la mecanización en el montaje y posibilidades de desmontaje, o a la elaboración de geometrías complejas, siendo bastante habitual la combinación de diversos mecanismos en la junta.



Los paneles de cerramiento gruesos de un solo material, o bien con continuidad perimetral de sus caras, presentan superficie suficiente para resolver la junta mediante un sellado en las testas, basándose en la profundidad de estas como garantía de efectividad, si bien supone una solución no muy precisa.

En paneles no demasiado gruesos, tanto se puede recurrir a sellados en la superficie de sus caras, como a solapes, plegados y engatillados. Estos últimos confían en la geometría y en la presión que se ejerce en su ejecución, si bien no serán de gran interés para el presente trabajo dado que difícilmente se utilizarán estos sistemas para la ejecución de fachadas ventiladas, estando por lo general destinados a quedar vistos.

El encuentro entre paneles de sección relativamente gruesa y heterogénea acostumbra a ser más compleja. Normalmente se incorporan mecanismos geométricos reforzados por sellados. Estos mecanismos imposibilitan el corte del panel que deja de ser un semiproducto para entenderse como un componente.



Cuando el encuentro se produce en esquina o en un rincón de la fachada, la geometría de la placa cobra gran relevancia, tal como se expondrá más adelante. Las chapas plegadas son las que mayor complejidad presentan en la resolución de este tipo de juntas, dependiendo de la dirección de plegado en relación con la arista donde se produce el giro.

3.3.2.- Encuentros inequívocos.

Evitar que se produzcan errores en la ejecución. Los encuentros inequívocos son aquellos regidos por una geometría concreta de gran precisión y que únicamente permite que la unión se realice en una posición.

Garantiza tanto el buen comportamiento como la correcta disposición de las piezas a unir. Todos los paneles admiten poseer juntas inequívocas en al menos dos de sus cantos opuestos.

3.3.3.- Encuentros reversibles.

El diseño de las juntas y los mecanismos de anclaje tienen una gran relevancia en la posibilidad de mejora futura, su adecuación a cambios de uso etc. La fácil sustitución de piezas, así como el posible desmontaje total del cerramiento, depende tanto de la reversibilidad del anclaje como de la junta. Si las uniones entre paneles contribuyen a la estabilidad del conjunto de la fachada, la reposición de una placa no se puede realizar sin contemplar el comportamiento del conjunto. En este sentido, uniones como las basadas en materiales de sellado, o resoluciones geométricas complejas en sus cuatro cantos, complican la reversibilidad de los paneles por depender en gran medida de sus contiguos.

3.3.4.- Exigencias en la junta.

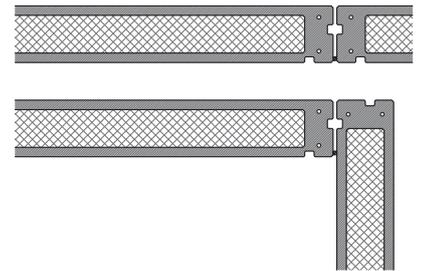
La prefabricación conlleva someter al proyecto a una racionalización que implicará la resolución constructiva de igual modo. La estandarización de la resolución de junta en el sistema de hoja interior permite presentar todos los componentes de igual forma entre sí, de modo que la solución de junta siempre sea la misma, esto supone que económicamente merezca la pena el desarrollo de trabajos enfocados a la mejora de su eficacia y simplificación. Sólo variará donde la relación de remate entre paneles cambie, esto es, en las variaciones de trazado. Esto puede traducirse en cambios de diseño en el panel de cerramiento, o bien cambios en la morfología de la junta de modo que coexistan varias soluciones de esta en una misma construcción, sin embargo, dada la habitual capacidad de alcanzar los mínimos de calidad en la elaboración del panel, la propuesta de solución a dichos cambios suele pasar por el planteamiento de alteraciones morfológicas que disponen el cambio en el trazado a través de paneles especiales. Como contrapartida, el menor volumen que representan este tipo de soluciones frente a la tónica general de los paramentos, supone un sobrecoste en la elaboración y adquisición absurdo en muchos casos, por ello sería factible exigir a todas las fracciones constituyentes de la hoja interior la resolución de la junta abierta a no una, sino varias posibles exigencias de encuentro previsible en su colocación según el trazado a describir, y que así cada panel pueda resolver la junta no en una sola relación de posición con el contiguo, sino de múltiples formas.

Esta solución sin embargo, puede suponer un esfuerzo excesivo en cuanto el proceso de elaboración del prefabricado, que puede verse enormemente complejizado para presentar respuestas múltiples cuando la tónica de funcionamiento será en su mayor parte la más simple, la disposición contigua de paneles definiendo un plano, sin cambios en la dirección del trazado. Así la segunda opción parece ser la más proporcionada a la magnitud del problema, diferentes configuraciones de junta según el ángulo a definir entre paneles.

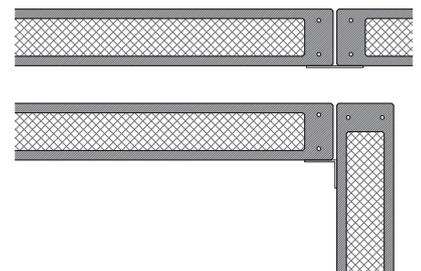
A cada tipología de panel, o más bien a cada tipología de resolución de borde, si esta lo requiere, la acompaña una o varias respuestas de junta mediante su mecanizado, diseñadas específicamente atendiendo a las particularidades de los cantos, su textura, geometría, ancho, y margen de maniobra o error para su colocación, y esto únicamente es posible gracias a la prefabricación del componente.

La calidad del remate en los cantos de los estratos resistentes o del panel completo si este constituye una pieza

Esquema. Panel de junta múltiple



Esquema. Junta mecanizada variable



TÉSIS DOCTORAL. LA HOJA INTERIOR DE LA FACHADA VENTILADA. ANÁLISIS, TAXONOMÍA Y PROSPECTIVA.
Pardal March. C

_La garantía del buen funcionamiento del componente viene dada por el fabricante e incorpora el sistema de resolución de juntas. Aun habiendo diseñado el sistema con sumo rigor, es precisamente en este punto donde por deficiencias en la puesta en obra se puede producir una discontinuidad en alguna de las envolventes. Minimizar el número de juntas limita los problemas. Los componentes tienden a ser lo más grandes posible dentro del límite que establecen las condiciones de transporte y puesta en obra.

multifuncional, es tal que puede llegar a posibilitar la estanqueidad por simple proximidad entre componentes, aunque se puede sellar por el lado interior a la cámara o del aislamiento térmico mediante algún medio auxiliar. Esto solo sería posible si las caras de remate fuesen perfectamente planas y no existiesen desconchados o alabeos, y además se debería tener una buena garantía de que los movimientos derivados de los cambios de temperatura, o las fuerzas de directriz horizontal no generasen problemas, ya sea en forma de presiones excesivas en los cantos, o flexiones diferenciales entre paneles contiguos que dejasen vía libre al paso del aire.

La más estricta de las exigencias a los sistemas constructivos por tanto, es presentar una calidad en sus remates de junta que permita el correcto funcionamiento, pero también mantenerla tras su colocación. Deben poder resistir las exigencias derivadas de los procesos de colocación en obra, a veces mucho más duras que las que soportará durante su vida útil como integrante de la fachada, lo que supone que el factor fundamental para su elaboración sea la puesta en servicio. Esto influye en la morfología, pero variará según el material, así, el hormigón presentará chaflanes en sus esquinas, las chapas plegaduras, la madera cantos lijados, etc. que influirán en la resolución de la junta de estanqueidad.

En una obra sujeta a tiempos de entrega, inclemencias meteorológicas y mano de obra poco cualificada, recurrir a un sistema automatizado y estandarizado asegura un mayor acercamiento a la calidad final. Actualmente se está dando una situación de disposición en obra de componentes y materiales de gran calidad, con un alto grado de elaboración y aplicación tecnológica por manos inexpertas, que exigen un alto grado de control de calidad en obra a operarios sin formación y poca o nula capacidad de control real de ejecución. Simplificar el sistema y someterlo a la automatización de las fases de colocación, basado en la repetición de unos pasos estandarizados, será un mecanismo de gran efectividad para afrontar tales problemas.

La curva de aprendizaje para la disposición de los paneles y la resolución de la junta estanca debe ser lo más corta posible, y la repetición prolongada asegura su perfeccionamiento. Aunque la simplificación del proceso ofrece mayores garantías de correcta resolución desde el principio, y a posteriori lo que se experimentará será una reducción en los tiempos, no elimina la probabilidad de existencia de encuentros defectuosos, pero sí supone que sean pocas, y tras su comprobación, subsanar el fallo será sencillo.

Capítulo 4. POSICIÓN DE LA CAPA ESTANCA Y VALORACIÓN DE IDONEIDAD.

4.1.- Racionalización del detalle.

4.1.1.- Morfología y homogeneidad. Influencia en la posición del componente de estanqueidad.

La configuración de la hoja interna influye en la solución de estanqueidad en tanto que define los límites para su obtención en las diferentes posiciones o caras accesibles. Existe una correspondencia entre la resolución morfológica, determinada por la función de estabilidad del componente de hoja interior, y la gama de soluciones posibles, estableciendo una serie de limitaciones basadas en la complejidad de la resolución constructiva o de montaje.

Si el componente de hoja interna, disponga o no en su interior los necesarios recursos para resolver la función de aislamiento térmico, presenta una sección transversal de caras planas y paralelas en todo su desarrollo, será más fácilmente abordable la resolución de la estanqueidad desde las mismas. Si además los cantos ofrecen del mismo modo una superficie continua y plana, junto con un grosor suficiente para posibilitar el trabajo en ellos, se amplían de forma notable las opciones para lograr la estanqueidad en el sistema.

Sin embargo, en el momento que la necesidad de aligeramiento se extiende a la alteración de las caras exteriores del panel, se limitan sobremanera las posibilidades, más aún en los cantos, que pueden llegar a reducirse a la mínima expresión, si bien en casos como las chapas grecadas, el solape entre paneles facilita las labores de sellado.

- Geometría homogénea.

Paneles multifuncionales de mayor o menor grosor que pueden responder de forma satisfactoria a las exigencias térmicas a costa de un incremento en su sección. Se constituyen de un único material, y permiten su aligeramiento a través de la alteración de densidad por medio del incremento del índice de huecos interno, lo que de forma intrínseca queda supeditado a las exigencias de aislamiento que se le puedan atribuir. Este motivo hace que por lo general se recurra a paneles de tipo compacto, con una buena respuesta simétrica a las exigencias de estabilidad, pero segregando la función térmica.

No presentan grandes dificultades de montaje y permiten el sellado grueso a modo de encuentro duradero, siendo posible también recurrir a las caras externas, desde las que las labores de obtención de estanqueidad resultarán sencillas, con independencia del sistema empleado o si este forma parte o no del panel.

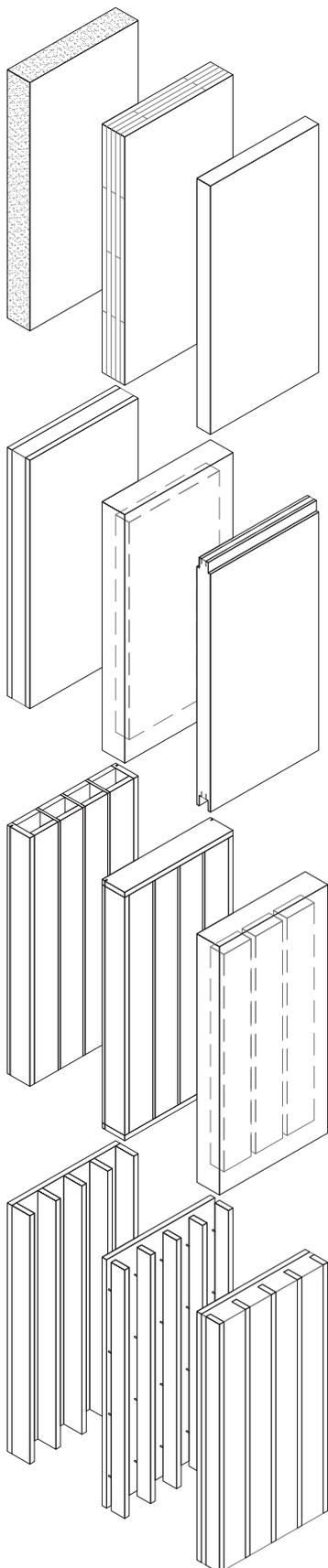
Las soluciones más habituales se basan en hormigones compactos, hormigones aligerados tratados en autoclave, o paneles contrachapados de madera.

- Geometría heterogénea.

Suelen presentar gruesos más contenidos que en el caso anterior, así como menor peso a costa de sacrificar su homogeneidad geométrica, ya sea mediante plegados o añadidos enfocados al incremento de la inercia y capacidad resistente, o a través de la combinación de materiales diferentes.

Al igual que en el caso anterior, pueden incorporar o no la solución de aislamiento térmico. Este tipo de casos de combinación de diferentes materiales tienen sentido si lo que se busca es incorporar el mayor número de funciones en el panel, estableciendo de este modo un mayor grado de prefabricación. Es cuando se busca la optimización, que algunos de esos componentes del panel ven su estructura alterada para reducir la cantidad de

Geometría heterogénea. Paneles tipo.



material y peso. Si por el contrario lo que se busca es la especialización en su exponente último, todas las funciones diferentes a la de estabilidad se segregan, permaneciendo el panel base de geometría compleja, y compuesto por un único material por lo general.

La respuesta estructural en casos de no existir simetría en la distribución de masas, será diferente según el signo de la fuerza actuante, y esta falta de simetría implica que al menos una de las caras esté desprovista de la planeidad deseable para, en según qué casos, conseguir un sellado efectivo de junta. Esto exige un conocimiento riguroso de las exigencias a las que se verá cometido en su posición final el panel, para poder hacer una selección efectiva y acorde con las prestaciones deseadas.

Heterogénea tipo sándwich: Se basa en la combinación de materiales con funciones diferentes y complementarias. Por lo general se busca la multifuncionalidad, pero el objetivo puede limitarse al aligeramiento del panel, es decir, generar un panel de alto grado de especialización que requiera de agregados para satisfacer los requisitos mínimos de aislamiento térmico propios de la hoja interior, ya sea porque presenta puente térmico en sus cantos, o bien el estrato intermedio no sea suficiente a tal efecto. En este sentido, emplear el sistema de tipo sándwich para la obtención de una mayor inercia a esfuerzos de flexión, significa desaprovechar las posibilidades multifuncionales de la solución, sin embargo, es un método barato y sencillo de obtención de espesor manteniendo bajo mínimos el peso del conjunto. No se trata por tanto de una solución habitual, siendo frecuente asumir la existencia del puente térmico en los cantos.

Hormigón, madera, y chapa de acero serán los materiales más habituales para la conformación de las caras externas en los sistemas tipo sándwich. En el caso de los dos últimos, de presentarse únicamente en forma de paneles de base presentarán, por lo general, problemas en cuanto a la capacidad de aislamiento acústico, dado la baja masa que presentan.

En este tipo de paneles, la planeidad de sus caras permite la resolución de la estanqueidad en las mismas, y de poseer un espesor adecuado y continuidad, también en sus cantos, siendo a tal efecto muy similares a los paneles homogéneos. Más que cualquier otra clase de panel, el sistema sándwich suele estar provisto de los necesarios mecanismos de resolución de junta por geometría compleja en al menos dos de los cantos opuestos, lo que reduce la necesidad de intervención sobre el componente en la puesta en obra.

Heterogénea tipo hueco: Se presentan, al igual que en el caso anterior, como respuesta a la necesidad de componentes de respuesta estructural simétrica ante esfuerzos con inversión de signo. Será frecuente recurrir a un solo material para la conformación de paneles de estructura hueca, tanto para las caras externas como para la ejecución del entramado interno, aunque no será poco habitual encontrarse para este, con sistemas de chapas plegadas conectando los paneles exteriores. El relleno de los alveolos resultantes con material aislante permite implementar en el panel la función térmica aislante, consiguiéndose de este modo un mayor grado de multifuncionalidad.

En términos de sellado, presentan las mismas posibilidades que los casos anteriores en lo que a las caras se refiere. En los cantos, por lo general solamente los dos longitudinales presentarán una base fiable para la realización de un sellado en profundidad o por geometría, y si bien las testas son susceptibles de completarse con tapas, no será la solución habitual.

Al igual que ocurre con los paneles tipo sándwich, algunos modelos presentan sistemas complejos de junta por geometría, aunque a diferencia de los primeros, esta suele ser mucho más simple, habitualmente basada en una lámina inserta en un ranurado longitudinal.

Heterogénea tipo nervado: La geometría nervada tanto puede obtenerse por medio de un único material conglomerado sometido a moldeo, como recurrir a semiproductos planos con costillas fijadas mecánicamente en una de las caras. En el segundo de los casos, existe la posibilidad de introducir una variación de material en los diferentes componentes en orden de optimizar el método de funcionamiento.

Los nervios pueden limitar su vinculación a la placa externa a los conectores mecánicos fijados por resinas, como podría ocurrir en el caso de la madera, el hormigón, o la combinación entre madera, hormigón y acero, o bien ser la continuación de esta mediante su plegado, como en el caso de las bandejas metálicas. De forma paralela, podrán incluir el aislamiento térmico como parte constituyente del panel, si bien en el caso de las bandejas, existirá un puente térmico notable. Por el contrario, segregar la función de aislamiento térmico simplificará de forma evidente el modelo, reduciéndose a una simple estructura de nervios de respuesta asimétrica a las acciones actuantes.

En la disposición de los nervados se diferenciarán dos tipos de paneles, según si estos se encuentran o no ubicados en los extremos de la placa. Si se encuentran en los extremos de la placa, existirá la posibilidad de sellado en profundidad en los cantos, además de poder aprovechar su grueso para el sellado en ambas caras, siendo la excepción a este sistema el lado corto del panel. Si por el contrario los nervios se desplazan al interior de la placa, únicamente el sellado de la superficie exterior será factible, siendo los cantos muy reducidos.

Heterogénea tipo estratificado: Este tipo de panel se limita casi por exclusiva al hormigón, aprovechando las posibilidades de vertido en el molde de capas sucesivas con diferentes densidades, alterando el índice de huecos interno y por tanto implementando la función aislante térmica. El comportamiento a flexión es igualmente asimétrico, pero a diferencia del caso anterior, ofrece cantos amplios y caras planas.

El elevado índice de huecos de la capa más aislante desaconseja la aplicación del sellado desde el exterior, por lo que lo recomendable será recurrir a la cara interna, al canto, o bien a ambos. Por lo general se tratará de un material de textura basta, fácilmente trabajable con morteros de sellado en juntas de tipo irreversible, pero no con sistemas mecanizados.

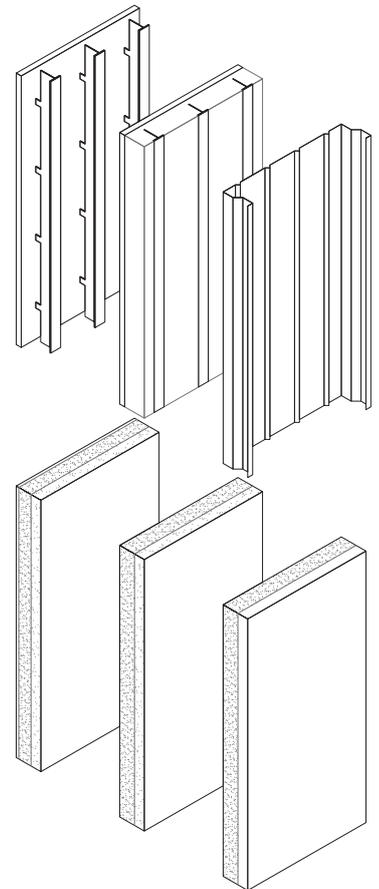
4.1.2.- Definición de capas. Casos de hoja interna según disposición del aislamiento térmico.

La identificación de las capas o niveles en los que se puede obtener la resolución de estanqueidad dependerá de los estratos constituyentes a los que se tenga acceso.

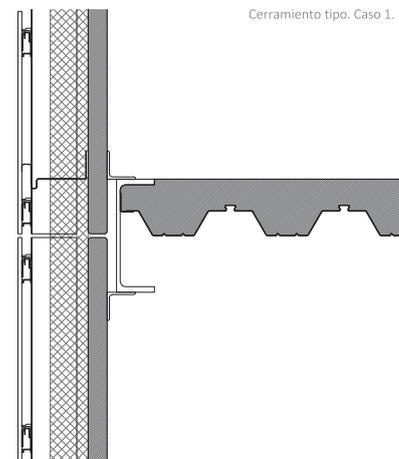
Caso 1: Envoltente térmica como función estratificada al exterior del plano resistente. La integridad del sistema es absolutamente independiente de la ubicación del aislamiento térmico, lo que supone mayor cantidad de capas susceptibles de acoger la resolución de estanqueidad, estas son la externa del aislamiento, y las caras planas del panel principalmente. Este tipo de soluciones de estrato resistente se engloban dentro de las categorías de paneles de geometría homogénea, geometría heterogénea nervada, grecada, o hueca. Son paneles multifuncionales de solución estructural y de posible acabado interno, susceptibles de requerir añadidos de resistencia al fuego, pero en todo caso desprovistos de estrato aislante térmico en su interior

Caso 2: Envoltente térmica como función incorporada en el plano resistente. La capacidad resistente del sistema es susceptible de apoyarse en el aislamiento para mantener los dos planos rígidos a una distancia determinada y así ganar inercia frente a la capacidad estructural de un macizo. Las capas disponibles para la resolución de la

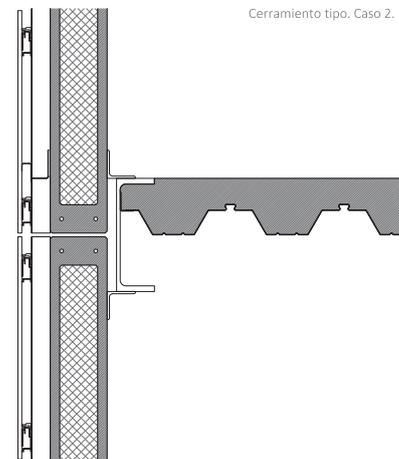
Geometría heterogénea. Paneles tipo.



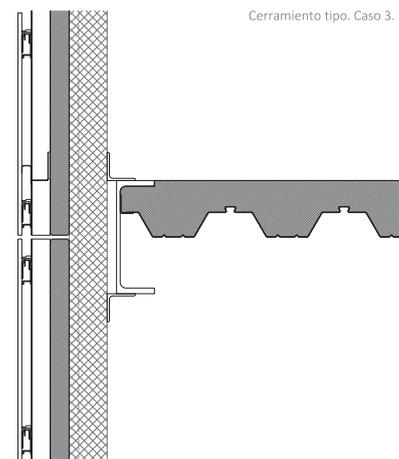
1 2 3 4 5
Cerramiento tipo. Caso 1.



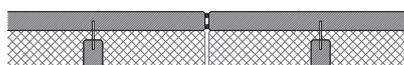
1 2 4 5
Cerramiento tipo. Caso 2.



1 2 4 5
Cerramiento tipo. Caso 3.



Cerramiento tipo. Caso 3. Nervios distanciados del borde.



Cerramiento tipo. Caso 3. Nervios dispuestos en el borde.



estanqueidad se limitan a las proporcionadas por las caras planas del panel y el grueso de su canto. Este tipo de soluciones se engloban dentro de las categorías de paneles de geometría homogénea, o bien de geometría heterogénea de tipo sándwich. Dentro del primer grupo se encontrarían los paneles de hormigón aireado curado en autoclave, o paneles de madera contrachapada.

Caso 3: Envoltura térmica como función estratificada al interior del plano resistente. Conceptualmente y en lo referente a la estructura interna, se trata de una solución muy similar a la del caso 1, sin embargo en cuanto a posibilidades de resolución es muy diferente, estando más próximo al caso 2. Esta última tipología será la más limitada de todas, aunque también la menos habitual, puesto que obliga en todo caso a disponer de componentes de acabado y protección contra el efecto del fuego, y puede tanto incorporar el estrato aislante como no hacerlo. La disponibilidad de capas susceptibles de acoger la solución de estanqueidad dependerá de la resolución formal y el grado de prefabricación del panel, esto es, del ancho disponible en los laterales, y si incorpora o no el aislamiento térmico.

4.2.- Especialización en la estanqueidad.

Propiedad asociada: Obtención como resultado de una propiedad inherente a algunos de los componentes de la solución constructiva elegida. Estanqueidad generalizada en toda la superficie asociada a materiales continuos en las capas 3, 4 o 5, lo que exige una construcción según los principios tradicionales más o menos acentuada, pudiendo tratarse de una combinación entre prefabricación y ejecución in situ.

El empleo de poliuretano proyectado como material de aislamiento exterior asegura en este caso la constitución de una barrera impermeable a la penetración del aire en la capa 3. La facilidad de adaptación en la aplicación in situ ofrece buenas garantías frente a la generación de resquicios por los que una excesiva presión de aire pueda dar lugar a infiltraciones, permitiendo sin embargo la transpiración del interior al exterior. Por otra parte, esta solución está expuesta a las complicaciones propias de una aplicación en obra, y su comportamiento ante el fuego no es el más adecuado, siendo altamente inflamable. Es sin embargo, una opción muy adecuada en tanto se reduce el número de operaciones a efectuar para obtener el buen comportamiento de la envolvente, más aún si se tiene en cuenta la capacidad de absorción acústica derivada de su estructura de celdas abiertas, lo que supone una ventaja en el caso de paneles base de poca masa.

Si existe riesgo de generación de condensaciones sobre la cara fría de la hoja interna, se deberá disponer una barrera de vapor en el lado caliente, lo que ofrece alternativas en la elección del material aislante, no siendo esencial optar por el poliuretano. En este caso, la barrera se establece en la capa 5, al igual que sucederá en la capa 4 de recurrir a una hoja interna ejecutada in situ, ya sea de hormigón armado y por tanto carente de juntas significativas o de fábrica con enfoscado y enlucido en sus caras externa e interna respectivamente, la cual, de ofrecer las necesarias garantías en su construcción puede asegurar la correcta estanqueidad, dejando de lado en todo caso la opción de la prefabricación.

Desde la perspectiva del presente trabajo, la renuncia a la prefabricación en favor de métodos tradicionales de ejecución in situ resulta poco deseable debido no solo a que la obtención de la estanqueidad no se presente como una fase de ejecución en sí misma, sino al desaprovechamiento de los avances logrados en el desarrollo de las técnicas constructivas que se han experimentado en las últimas décadas.

Propiedad especializada: Solución generalmente contenida y localizada. Obtención expresa de la estanqueidad

en torno a los encuentros entre paneles mediante un recurso mecánico, ya sea por geometría en el panel o como añadido, o bien mediante un sistema de sellado general en los cantos y las caras, tal y como se ha expuesto en el punto 3.3. La optimización de esta solución pasa necesariamente por la especialización a través de la prefabricación, sea un añadido o una resolución geométrica incluida en el panel, lo que supone una mayor facilidad de reparación o modificación.

Los sistemas de sellado se establecerán en la capa 4 o 5, o bien recurriendo a los cantos 4-5, ya sea de forma generalizada o combinados con geometrías complejas. Este tipo de combinaciones permite salvar la dificultad que suponen los encuentros entre las juntas horizontales y verticales cuando se recurre de forma única a componentes mecanizados.

La posibilidad de emplear un componente continuo de superficie, específico para la obtención de la estanqueidad, carece de lógica en tanto que los paneles de hoja interior presentan una calidad suficiente para impedir las infiltraciones a través de su plano, consistiendo el añadido en una duplicidad en la capacidad de generación de la barrera al aire. Únicamente si el panel base seleccionado por efecto asociado a las propiedades que se le requieran, posee una porosidad muy elevada, tratándose por lo general de un conglomerado altamente aligerado, o por tratarse de un entramado en parrilla, tendrá lógica incluir en el sistema general una capa de función específica para la impermeabilidad al aire que deberá ser continua en la capa 4, ya sea aplicada in situ, o a través del sellado de láminas adheridas.

Como se especifica anteriormente, un sistema de junta basado en el engatillado de chapas metálicas dispuestas en la cara fría del aislante, podría ser considerado como sistema de estanqueidad continuo y especializado, sin embargo, en esta situación no parece sensato recurrir a una hoja ligera exterior, sino que estaría destinado a quedar como acabado de un cerramiento de hoja simple. Por lo general, este sistema requerirá de la disposición de un entramado, al que se anclará el acabado interior y la chapa por medio de conectores coincidentes con la junta de engatillado, situación en la que resultaría muy complejo añadir a mayores los conectores para la hoja ligera.

4.3.- Evaluación de la posición de capa en la estanqueidad.

4.3.1.- Estanqueidad asociada.

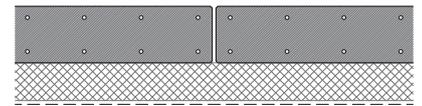
- o Obtención en la capa 3.

Estanqueidad obtenida en la cara exterior del aislamiento térmico como propiedad intrínseca al mismo. El poliuretano proyectado será el único que cumpla esta función, dada la capacidad que posee para generar una barrera impermeable, siempre basada en la continuidad del material.

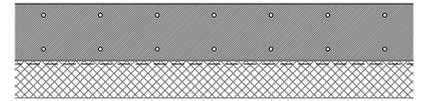
La situación más deseable para esta solución será aquella de geometrías complejas en un sistemas de hoja interior que por su constitución no ofrezca garantías de estanqueidad, o bien su obtención con medios especializados sea demasiado dificultosa.

La mayor complejidad de este método será aquella relativa a los trabajos de proyección del aislamiento de poliuretano desde la cara exterior. Se debe evitar la alteración de la capa superficial formada en la espuma de poliuretano, por lo que habrá de proyectarse con la subestructura de la hoja ligera exterior ya colocada y fijada.

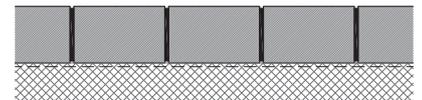
Estanqueidad asociada en la capa 3.



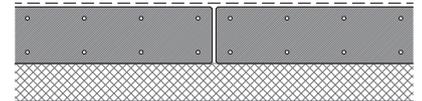
Estanqueidad asociada en la capa 4.



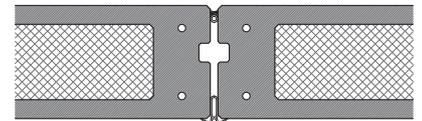
Estanqueidad asociada en la capa 5.



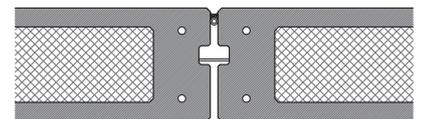
Estanqueidad asociada en la capa 5.



Estanqueidad especializada. Junta cerrada.



Estanqueidad especializada. Junta ventilada.



Por otra parte, la detección de errores que puedan llegar a favorecer significativamente a la infiltración de aire será complicada por la dificultad de identificación en la posición de las juntas una vez aplicado el material, al ser este un elemento continuo. Una inspección visual de la superficie deberá descartar la existencia de fisuraciones, y el uso de un punzón permitirá verificar la aplicación del grosor necesario de material, siendo la mejor garantía la ejecución por mano de obra especializada.

En los casos de colocación de hoja ligera exterior, será posible que el poliuretano sufra daños a causa de golpes de herramientas o material de construcción. De igual modo, al tratarse de espuma rígida adherida, aunque su respuesta al paso del tiempo es buena en términos de deformación o degradación química, los movimientos de la construcción pueden llegar a afectarle, generando agrietamientos.

La posibilidad de reparación en la hoja interior pasará necesariamente por la eliminación de la capa de aislamiento y posterior reposición, con generación de residuos contaminantes y una mayor inversión en mano de obra.

- Obtención en la capa 4.

Estanqueidad obtenida en la hoja interior de la fachada ventilada como resultado de una ejecución in situ con hormigón armado o bien muros de fábrica, ya sea ligera o pesada, tomado con mortero y revocado. La situación óptima para la aplicación de este recurso será aquella de geometrías complejas en sistemas de hoja interior que no ofrezcan buenas garantías de estanqueidad de recurrir a componentes estandarizados y multifuncionales de gran dimensión, o bien se desee recurrir al cerramiento como parte integrante de la estructura.

La facilidad de ejecución, como en el caso anterior, será la relativa a los trabajos de colocación de encofrados, disposición de armaduras, vertido y mantenimiento de la planeidad en las caras, así como el correcto vibrado y buena transición entre tandas de hormigonado. El espesor de los muros juega a favor de la obtención de la estanqueidad entre tandas, aunque en el caso de los pasadores se deberá prestar especial cuidado al sellado de las aberturas si son extraídos al finalizar los trabajos.

En los cerramientos de fábrica portante, por su parte, será crucial el correcto aplomado y control en la excentricidad de las cargas transmitidas por los forjados, puesto que de producirse tracciones en los tendeles de mortero se abrirán grietas por las que ocasionalmente puedan llegar a producirse infiltraciones, amén de los problemas estructurales que puedan derivarse de este hecho. Los cerramientos de fábrica ligera, en cambio, son considerados de fácil ejecución por no requerir un elevado grado de dominio técnico por parte del operario, lo que de forma contraproducente puede derivar en problemas funcionales a causa de trabajos descuidados y poco rigurosos.

La detección de errores en los muros portantes de fábrica o de hormigón ejecutado in situ no será sencilla en tanto que si bien la inspección visual cercana puede evidenciar las mencionadas fisuras, no siempre pondrán en riesgo la estanqueidad, no llegando necesariamente a formarse grietas. Para el ensayo, se deberá realizar una proyección de agua desde el exterior, llegando estas a evidenciarse en el interior en caso de existir. La corrección de este tipo de daños, pasará por la inyección a alta presión de pastas expansivas o resinas epoxi previa realización de taladros para la inserción de las cánulas, que llegará a todas las grietas y fisuras, colmatándolas. Como efecto secundario se obtendrán diferencias tonales allí donde la pasta llegue a cubrir las grietas rebosando al exterior, aunque serán fáciles de ocultar si se recurre a la aplicación de pinturas.

En el caso de hojas de fábrica ligera, la detección de fisuras será igualmente sencilla en una inspección cercana, si

bien la debilidad estructural, sobre todo por efecto de la utilización de ladrillo hueco, facilita que puedan llegar a formarse grietas, perdiéndose así la capacidad de estanqueidad. Las reparaciones por lo general, consistirán en la aplicación de pastas o morteros de forma manual.

De tratarse de cerramiento y estructura al mismo tiempo, los movimientos originados por la fluctuación de las cargas o bien los asentamientos de la cimentación en el terreno, evidenciarán defectos externos en forma de roturas. De igual modo, es posible que se detecten debilitamientos en el sellado de los huecos dejados por los separadores por una mala aplicación de los mismos.

Las hojas de fábrica ligera, por su parte, son fácilmente dañables por un impacto, y al constituirse de múltiples componentes de pequeña dimensión, la posibilidad de error en la aplicación y curado del mortero de junta es considerablemente alta.

Las posibilidades de reparación en la hoja interior serán las inherentes a la reparación de un muro de hormigón o de fábrica ligera, requiriendo por lo general de trabajos mecanizados de picado, disposición de encofrados y vertido de hormigones o morteros.

- o Obtención en la capa 5.

Estanqueidad obtenida en el intradós de la hoja interior al disponerse una barrera de vapor en la misma. Aunque la obtención de estanqueidad relegada a esta barrera sea técnicamente efectiva, difícilmente el funcionamiento general de la hoja interior cumplirá con los requisitos necesarios de acondicionamiento de la estancia interior, especialmente en el aspecto térmico, siendo muy elevada la probabilidad de fallo en el sistema, ya sea por agresión accidental desde la estancia interior, o fatiga en el material, al verse este sometido a unas condiciones de cambios de temperatura capaces de alterar su estructura química, o bien presiones de aire que lleguen a vencer la fuerza de adherencia con la base. De forma paralela, la posibilidad de resistencia de la barrera de vapor durante una situación de incendio manteniendo su capacidad estanca será muy limitada, con independencia del material seleccionado, por lo que no establecería una barrera funcional de retención al fuego.

La situación óptima en la que se podría recurrir a este método para la obtención de la estanqueidad, será nuevamente aquella de geometrías de hoja interior excesivamente complejas, o bien que ofrezcan pocas garantías de estanqueidad, así como aquellos casos en los que sea necesario disponer una barrera de vapor ante el riesgo evidente de formación de condensaciones intersticiales. Este sistema será, sin embargo, muy poco o nada frecuente, recurriéndose por lo general a soluciones más efectivas en la cara exterior de la hoja interna.

La disposición de la barrera de vapor se efectuará desde el interior, lo que supone una simplificación evidente del proceso, sin embargo, la dificultad radicará en asegurar que no se produzcan infiltraciones a la estancia a través de los encuentros con los forjados, así como los sellados entre láminas y adherencia de estas con el soporte. Una inspección visual cercana permitirá identificar la presencia de solapes mal ejecutados o defectuosos, a diferencia de los daños ocasionados por roces con el material o impactos, que pueden ser difíciles de detectar si no tienen una dimensión que los haga excesivamente evidentes. En este último caso, no obstante, no necesariamente pondrán en riesgo la estanqueidad, dándose este caso solamente de coincidir con los encuentros de paneles de ser este el sistema por el que se opta.

Las reparaciones de los daños ocasionados en la barrera pasarán principalmente por el parchado de la misma, o bien la recolocación de esta en caso de que presente errores de solape o fijación a la base. No obstante, estas reparaciones serán solo fácilmente ejecutadas previa disposición de los materiales de acabado, así como su



i27. Poliuretano proyectado sobre la cara exterior de la hoja interna.



i28. Muro de hormigón armado. Es habitual la disposición de una hoja ligera exterior, quedando el hormigón visto al interior,



i29. Muro de fábrica portante. Una hoja ligera exterior permite la mejora energética y renovación visual de la fachada.



i30. Hoja ligera de ladrillo. Solución común de hoja interna para fachada ventilada con nulo nivel de prefabricación.



i31. Barrera de vapor. Se dispone por la cara interior de la estancia en caso de prever condensaciones intersticiales.

detección, que por lo general solo se producirá una vez el problema revierte en un daño que evidencia la patología.

Entre las alteraciones más habituales, además de las ya comentadas, se encontrarán los daños ocasionados por manipulaciones poco cuidadosas, así como fallos en la protección necesaria, omitiendo la utilización de láminas antipunzonantes.

Las reparaciones en la hoja interior necesariamente supondrán la rotura de la lámina, a no ser que se trate de trabajos superficiales susceptibles de realizarse desde el exterior.

4.3.2.- Estanqueidad especializada.

En el caso de la obtención de la estanqueidad a través de recursos especializados, no se puede hablar de resolución en una capa determinada, sino más bien de un sistema fundamentado en la combinación de soluciones especializadas de cara a la consecución de mayores garantías de efectividad. Estos sistemas serán aplicados en las capas 4 y 5, así como en los cantos que definen estos límites, de permitirlo el tipo de panel de hoja interior, siendo imposible recurrir a la capa 3. Se presentan como solución óptima en el caso de utilizarse paneles prefabricados multifuncionales de gran dimensión, derivando en una fachada de alto grado de especialización y manteniendo en todo caso geometrías sencillas.

En el aspecto técnico, la resolución de estanqueidad especializada se presenta como la solución óptima al permitir un mayor grado de libertad de montaje, reparación, e incluso reciclado o reutilización de componentes. Resulta igualmente adecuado si se requiere mantener bajo mínimos los tiempos de ejecución, pero siempre a costa de exhaustivas planificaciones de las tareas a realizar.

La efectividad de la solución variará enormemente de recurrir o no a la combinación, ya que si bien como sistemas independientes se basan en el establecimiento de una barrera a la filtración en los encuentros entre componentes, del trabajo conjunto se obtienen nuevas propiedades, como será la generación de cámaras de equalización de presiones que consiguen limitar enormemente la posibilidad de penetración de agua de lluvia al interior de la estancia, así como posibilita que un fallo local no suponga el fallo global al no confiarse a la continuidad.

Tradicionalmente, los paneles de fachada se han diseñado de acuerdo a principios de carácter industrial, basados en la funcionalidad estricta, rapidez de ejecución y economía. Esto deriva en la resolución de junta como elemento accesorio, recurriendo por lo general durante las épocas precedentes a sellantes generalmente no específicos para tal finalidad, aplicados en capa gruesa en los cantos y sin tener muy en cuenta aspectos de estabilidad colaborativa entre paneles, de durabilidad, comportamiento mecánico o necesidad de revisión periódica y reposición.

A las ventajas de la prefabricación se contraponen, por tanto, el inconveniente de la separación en la función de junta en al menos dos de los cuatro bordes, requiriendo necesariamente la resolución en obra.

Ante esta situación, la inevitable utilización de materiales distintos a los del panel lleva asociada diferencias de comportamiento ante una misma situación de temperatura y presión de viento, con dilataciones y alteraciones geométricas no sincrónicas, por lo que los sellados con materiales no específicos para tales fines sufrirían un

deterioro más rápido de lo deseable, a lo que se sumaría la omisión de un diseño adecuado en los bordes que permitiese la correcta aplicación.

Los paneles deben ser diseñados por tanto con enfoque al sellado o disposición de componentes de junta, como se ha detallado en puntos previos, de modo que presente la necesaria predisposición al cumplimiento de los requisitos exigibles. Es por esto que el diseño de junta para sistemas constructivos de hoja interior de este tipo supone también el diseño de los remates de panel, el diseño de la unión y su proceso de ejecución, y la selección de los materiales de sellado o sistemas de junta.

Los requerimientos de colocación de los paneles en su posición final conllevan también la necesidad de diferenciar formalmente la resolución de los cantos de disposición horizontal de los verticales. En el caso de la junta horizontal, será sencillo aplicar geometrías que favorezcan el comportamiento adecuado de estanqueidad, reduciéndose su número si el panel abarca varias plantas. Por lo general en este caso bastará garantizar la altura de solape en los resaltes de los extremos superior e inferior, dejando un ancho de junta tal que evite el ascenso por capilaridad.

Las juntas verticales, por otra parte, resultan más complejas de realizar, ya que a diferencia de las anteriores tienen mayores limitaciones en cuanto a las geometrías de apoyo. La mayor limitación a la hora de enfrentar los esfuerzos de acción horizontal, es que serán estas juntas las que o bien uniformicen las deformaciones entre componentes, o bien sean capaces de deformarse cuando la respuesta entre planos contiguos varíe por efecto de cargas no uniformes. Los bordes laterales de los paneles por lo general presentarán acanaladuras hacia sus ejes medios, con remates de borde lo suficientemente cuidados para favorecer la disposición de los mecanismos de junta o sellado. Estas acanaladuras serán las que permitan generar la cámara de equalización de presiones entre los sistemas de junta de las caras 4 y 5. Los márgenes dimensionales de dichas juntas variarán entre 1 y 2cm de modo que ofrezcan posibilidades de maniobra aceptables para su colocación.

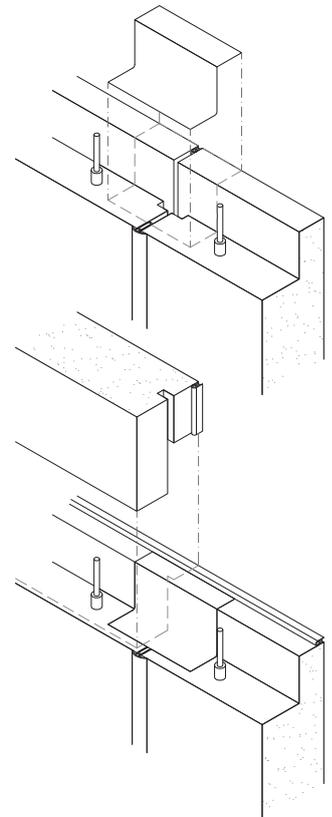
En cuanto a la facilidad de ejecución asociada, debido al alto grado de especialización que conllevan algunos sistemas de junta mecanizada, podrán presentar un grado de complejidad medio a alto, influido también por el gran cuidado que requiere la colocación. No será en cambio tan complejo si se trata de sellados con aplicación de pastas o resinas más allá de su dosificación si se realiza esta en obra.

La detección de errores derivados de la colocación será evidente durante la misma, por lo que podrán ser debidamente corregidos. Con todo, resulta difícil conocer si los sistemas de junta mecanizada presentan fallos de elaboración si no se reflejan de forma evidente como alteraciones graves en la forma del componente. En este caso, el propio fabricante ha de hacerse cargo en cumplimiento de la garantía de producto, proporcionando los repuestos necesarios. Al igual ocurre con los paneles de base, pues si estos presentan defectos en sus cantos en ningún modo el sellado será efectivo al completo.

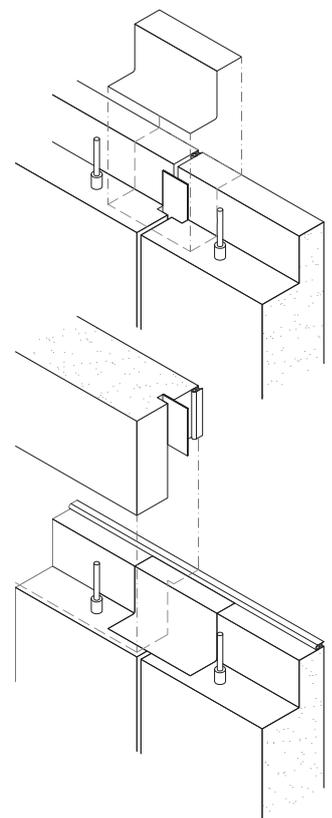
En el caso de los sellantes en forma de pasta o resina, una aplicación cuidadosa sobre una superficie limpia y no dañada es garantía casi segura de efectividad. Si aún con esto, tras los pertinentes ensayos con proyección de agua, se detecta infiltración, la corrección de la incidencia será sencilla, bastando con retirar el material existente y su posterior reposición con un nuevo sellado, estando lógicamente la mayor complicación en la localización del punto o puntos débiles.

Las alteraciones más habituales que puedan afectar a la adecuada estanqueidad serán, por tanto, la presencia de grasas o polvo en los cantos de paneles a sellar, daños en los cantos o mecanismos de sellado, incapacidad del elemento de junta para uniformizar deformaciones entre paneles contiguos o deformarse sin padecer roturas ni

Junta especializada. Junta cerrada.



Junta especializada. Junta ventilada.



desprendimientos, o bien dosificaciones poco acertadas en resinas bicomponente así como fraguados defectuosos.

En las posibilidades de reparación en la hoja interna, sin embargo, se encuentra uno de los puntos fuertes de este tipo de juntas, ya que la facilidad de desmontaje que aporta es mucho mayor a cualquier otro sistema, permitiendo tras los trabajos en los paneles de constitución de hoja interior, reponer el mismo mecanismo de junta o un sellado coincidente con el existente.

Capítulo 5. CLASIFICACIÓN Y RESOLUCIÓN DE JUNTA ENTRE PANELES PREFABRICADOS.

5.1.- Criterios de diseño en las juntas.

La exposición a los cambios de temperatura, la fatiga por dilataciones y contracciones repetitivas, así como el contacto ocasional con agua de lluvia cargada de agentes agresivos, muy influido por la localización de la construcción, exigen de las juntas unas características que deben ser mantenidas durante el tiempo de servicio previsto, de cara a que no se generen problemas antes de los tiempos de inspección programados.

El diseño de las juntas debe, por tanto, responder a los requisitos y condicionantes derivados de las funciones a cumplir. El doctor Gonzalo Barluenga Badiola expone en su tesis *La junta en los Sistemas de Elementos para Fachada: Función Constructiva, Compositiva y Estructural*, una agrupación de requisitos exigibles en esas tres funciones, en su caso aplicadas a las juntas entre paneles destinados a quedar vistos, pero válidos en el caso del diseño en fachadas ventiladas.

- Función constructiva.

Hace referencia a las características físicas de constitución de la junta, los materiales, el proceso de montaje, las prestaciones, y el tiempo previsto de vida útil.

- Función estructural.

Hace referencia a la respuesta estructural que ha de prestar la junta según el sistema de funcionamiento que se le requiera para responder a las acciones externas. Se relaciona con la configuración formal y material, así como la demanda de respuesta mecánica.

- Función compositiva.

Cuando las juntas queden expuestas deberán dar una respuesta compositiva acorde al proyecto. En el caso de encontrarse al interior, será habitual la ocultación de las juntas por medio de algún componente adicional, sin embargo la tendencia encabezada por la prefabricación deberá potenciar el aprovechamiento de estas como elemento destinado a quedar visto, lo que solamente se logrará mediante el perfeccionamiento de la junta y su ejecución, así como el entendimiento de esta como un componente más de los cerramientos, y no como simples pastas amorfas aplicadas sin más requerimiento que el estrictamente funcional.

5.1.1.- Función constructiva.

Se trata de la aportación del elemento al sistema o del sistema al conjunto, necesaria para satisfacer las exigencias constructivas desde el primer momento hasta el final de su vida útil. El grado de satisfacción de estas exigencias nunca será el 100%, sino que existen grados de cumplimiento en los que lo que se busca es alcanzar el mínimo necesario para considerar que el sistema o conjunto es funcional.

Por otra parte, no siempre estas funciones trabajan en colaboración con todas las demás, siendo que algunas de ellas se limitan a aportar facilidad de ejecución o incrementan las garantías de éxito. En relación a la estanqueidad de la fachada, en la que se centra el presente trabajo, muchas de estas funciones adicionales serán esenciales para su obtención mientras que otras aseguran que el funcionamiento a largo plazo se mantenga efectivo.

- Garantizar la estanqueidad de la fachada. La forma de la junta, el material constitutivo y sobretodo su distribución en el espacio de junta condicionan la estanqueidad. Si el material está distribuido superficialmente, un fallo puntual no supone la pérdida de la estanqueidad. En las soluciones en que el material de junta tiene una distribución lineal, cualquier fallo de adherencia, ejecución o rotura puntuales produce un fallo funcional.
- Compatibilidad constructiva de la forma de la junta, su material constitutivo y su procedimiento de ejecución con los elementos de fachada. Las juntas se ejecutan después de colocar los paneles en su posición final, por lo que la forma de la junta tiene que permitir la colocación del producto de junta de una manera sencilla, efectiva y controlable.
- Absorción de las tolerancias de fabricación y posicionamiento. El proceso de fabricación y colocación de los paneles en obra puede provocar variaciones dimensionales del espacio de junta, por lo que la forma de esta y los componentes de unión han de posibilitar la realización de la junta dentro de un rango de dimensiones admisibles.
- Facilitar la producción de los paneles, evitando secciones complicadas. La forma de la junta condiciona el perfil lateral de los paneles. Cuanto más compleja sea la forma de la junta, más difícil será la fabricación de los paneles.
- Posibilitar un sistema de ejecución de las juntas rápido, sencillo y controlable. El proceso de ejecución debe constar de pocas etapas, de manera que se reduzcan las posibilidades de ejecución incorrecta o la omisión de alguna de ellas.
- Durabilidad del material. El material de la junta ha de mantener sus características físicas durante la vida útil del sistema. Normalmente, la vida útil de una fachada, debería ser la del edificio.
- Posibilitar la sustitución del material y componentes de junta. En el caso de producirse un fallo funcional, la forma de la junta determina la posibilidad de reposición o reparación.
- Resistencia al efecto de los agentes atmosféricos. Las juntas están en contacto con los agentes externos, por lo que sufren un ataque continuado. El material de junta debe mantener sus características físicas cuando está sometido al agua, viento, contaminación, o radiación solar, de exponerse puntualmente en el caso de las fachadas ventiladas. La forma de la junta debe reducir el efecto de los agentes atacantes. En determinados casos las condiciones interiores de las estancias pueden ser agresivas con los materiales de junta, por lo que en tales situaciones se deberá tener en cuenta la resistencia de los materiales utilizados mediante el ensayo, y asegurar que la accesibilidad desde el interior para su control y reposición periódicos es la adecuada.
- Resistencia a acciones de fuego. El material debe resistir la acción del fuego durante un tiempo suficiente. Si el material no muestra un buen comportamiento debe estar protegido, tal y como se comentó en el apartado 3.2.1. La forma de la junta puede reducir el efecto del fuego.
- Resistencia a acciones de hielo y deshielo. La junta debe tener una forma que impida que el agua se acumule en su interior y el material de junta debe ser poco absorbente.
- Mantener las características físicas en situaciones anormales de temperatura, presión, humedad o deformaciones impuestas. El material de junta debe tener un comportamiento adecuado en circunstancias adversas. El comportamiento de los elementos en estas circunstancias produce variaciones dimensionales y las juntas han de ser capaces de absorber las deformaciones impuestas, manteniendo sus características. La forma de la junta puede proteger el material y facilitar la distribución de deformaciones, evitando fallos funcionales.

5.1.2.- Función estructural.

Constituye la capacidad de colaboración con el resto del sistema para hacer frente a las acciones actuantes del modo previsto por el proyectista. Al igual que en el caso anterior, existen grados de colaboración.

De la mayor o menor colaboración entre los paneles y las juntas, depende en gran medida el éxito en el cumplimiento de los requisitos de estanqueidad, por lo que una deficiencia en la misma puede suponer el fallo del conjunto.

- Fijación de los elementos a unir. Para mantener la unión en los extremos de los paneles cuando actúan fuerzas exteriores, la junta ha de estar constituida por un material capaz de absorber deformaciones. La adherencia entre material de junta y elementos a unir ha de ser suficiente como para deformar el material.
- Absorber deformaciones impuestas. Los movimientos diferenciales de los elementos a unir han de compensarse en las juntas, con lo que la deformabilidad del material ha de ser alta.
- Compatibilizar tensiones y deformaciones con los paneles. Las dimensiones de la junta y las características mecánicas del material de junta han de ser proporcionadas a la superficie de contacto de los paneles con el material de junta, la capacidad mecánica del material de los paneles, la adherencia entre ambos, y las solicitaciones a que se ve sometido.
- Dimensionar las juntas para no superar el rango elástico del material del panel y distribuir las tensiones en la zona de contacto del panel. La zona de contacto entre panel y material de junta tiene que ser suficientemente amplia como para poder distribuir las tensiones, evitando fallos locales de adherencia o arrancamiento.
- Resistencia frente a acciones mecánicas, ya sean estáticas o dinámicas. Las acciones que ha de acomodar una junta entre paneles de fachada, incluso en el caso de diseños teóricamente no colaborantes, pueden ser importantes y de naturaleza estática o dinámica. La configuración de junta y el material definen la capacidad resistente, mientras que la situación de la junta y las acciones exteriores determinan la demanda estructural. El diseño ha de ser tal que la demanda sea inferior a la capacidad. Cabe destacar que la demanda estructural varía al variar la capacidad mecánica.
- Resistencia a impactos. Las fuerzas de inercia de los paneles cuando actúa una acción dinámica han de ser soportados por las juntas, evitando que los paneles se dañen. Los impactos son acciones dinámicas de muy alta velocidad y el comportamiento de los materiales depende de la velocidad de aplicación de la carga.
- Mantener las características mecánicas en situaciones anormales de temperatura, presión y humedad. Los materiales de construcción son sensibles a las condiciones ambientales. Hay que definir los rangos de las condiciones ambientales en que el material mantiene su capacidad mecánica y evaluar su ajuste a las condiciones a las que se verá sometido en una situación concreta.
- Soportar los cambios de signo de las cargas. Las acciones dinámicas que actúan sobre la junta le infieren solicitaciones en ambos sentidos de forma alterna, por lo que el comportamiento mecánico de la junta debe ser adecuado cuando los extremos de los paneles se acercan y separan.
- Desarrollar resistencia y ductilidad suficientes. La capacidad mecánica de la junta debe ser tal que sea capaz de transmitir carga y deformarse.
- Capacidad de mantener niveles importantes de carga durante los desplazamientos del edificio. La fachada colabora en el incremento de la rigidez del conjunto.

Los diseños de sistemas de juntas de elementos para fachadas han de tender hacia la cooperación en las

funciones estructurales. En este caso es necesario que el diseño de junta y el material constitutivo sean capaces de combinar varios tipos de tensiones, evitando tracciones puras.

Dotar a la junta de la capacidad de disipar energía por medio de su configuración y del material constitutivo resultará también muy eficaz. Esta capacidad produce el incremento del amortiguamiento del conjunto, y combinado con la rigidez puede suponer una reducción de la demanda estructural.

5.1.3.- Función compositiva.

La función compositiva se define como la aportación del elemento o sistema constructivo para dar respuesta a los requisitos mínimos de acabados y composición. Debe hacerse de esta función un aspecto inherente a cualquier elemento constructivo con opciones a quedar expuesto, siendo de especial importancia el material, la capacidad de conformación de este, y su dimensión.

En el caso de las fachadas ventiladas, la función compositiva de la junta al interior de la cámara de aire será irrelevante, sin embargo, cuando esta quede expuesta al interior de la estancia será un aspecto fundamental a tener en cuenta. Se debe potenciar de este modo la capacidad del panel y la junta para quedar expuestos, lo que será solamente posible si se consigue hacer de estos dos elementos y su capacidad de impacto visual un incentivo en el diseño general, pudiendo de este modo llegar a través del diseño a influir incrementando la tasa de éxito en la correcta ejecución de la estanqueidad.

Se debe convertir la funcionalidad en un incentivo estético que permita, a través de la modificación de la conciencia general, la optimización de los sistemas constructivos hoy en día conocidos.

- Flexibilidad compositiva. Posibilitar la inclusión en la composición de la fachada o la ocultación de la junta.
- Posibilidad de variación de las dimensiones exteriores de junta. Permitir un intervalo de posible ancho de junta.
- Aspecto estético. El aspecto exterior de la junta tiene que estar en consonancia con la calidad estética de los paneles.
- Calidad de acabado. La posibilidad de modificar el acabado de la junta incrementa el rango de soluciones.

5.2.- Clasificación tipológica de juntas. Contribución a la resistencia global y funcionamiento.

Son varios los aspectos funcionales los que definen una junta, sin embargo, será de la combinación de estos de los que surja la clasificación final. A pesar de esto, existirá una diferenciación significativa entre las juntas verticales y las horizontales, presentando un mayor grado de complejidad las primeras, al carecer por lo general de resoluciones de machihembrado que potencien la estanqueidad.

La decisión final entre las combinaciones posibles deberá ser fruto de un estudio pormenorizado del grado de exposición al viento de las fachadas en el edificio, la función deseada, exigencias de estabilidad requeridas, el aspecto deseado y la economía. El proyectista debe valorar todos estos aspectos y poner en perspectiva la

combinación que mejor se adecúe para el éxito del sistema constructivo.

5.2.1.- Clasificación de junta según relación colaborativa entre paneles.

El nivel de contribución de la junta a la resistencia global viene definido por su comportamiento en respuesta a las acciones horizontales derivadas de las cargas de viento, así como a las acciones verticales relativas al peso propio de los paneles, según si son estos autoportantes o no, o de las concargas totales que correspondan a su faja de carga si además contribuyen en la sustentación de la estructura.

- o Juntas colaborantes.

La respuesta funcional del sistema de fachada se basa en la dependencia de cada panel con sus adyacentes, estableciendo de este modo un funcionamiento global en el que el fallo de cualquiera de las unidades puede suponer el fallo del conjunto, complicando el proceso de reparación.

Juntas colaborantes horizontales: Se da en el caso de los paneles autoportantes, en los que el peso descansa sobre el panel inmediatamente inferior de forma sucesiva hasta completar la altura total de la fachada. En condiciones de funcionamiento y resistencia normales, la presión ejercida actúa en favor de la capacidad de estanqueidad al asegurar la posición del material sellante, sin desprendimientos por efecto de los cambios dimensionales derivados de dilataciones térmicas, sin embargo si la presión ejercida excede la capacidad resistente de esta barrera contra el viento, que generalmente se presentará en capa gruesa, podría producirse una expulsión fuera del encuentro.

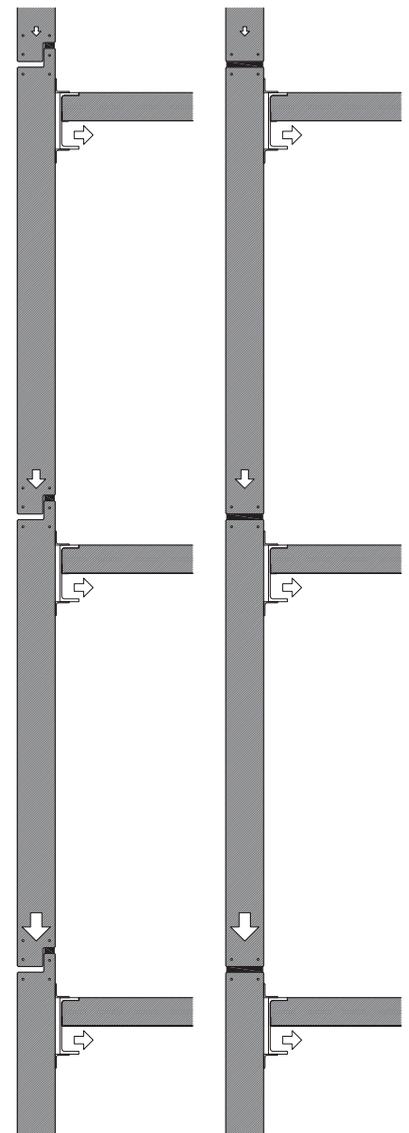
De forma asociada, existe cierto riesgo de rotura en el panel por efecto de los picos tensionales, ocasionados por la incapacidad del sellante de transmitir las cargas de forma uniforme. En estos casos un mayor grueso de apoyo conlleva mayores garantías y por tanto mayor margen de seguridad, ya que de producirse la rotura difícilmente será reparada adecuadamente si no es mediante el levantamiento del panel y posterior sustitución.

El método de trabajo del sistema, por otra parte, complica cualquier operación de reposición de los paneles, debido a la ya mencionada dependencia de las piezas superiores con sus inmediatamente inferiores. Como contrapartida, la reducción de cargas muertas transmitidas a la estructura es muy notable, restando importancia al peso de los paneles siempre que se mantenga dentro de los límites admisibles de resistencia para la altura de cerramiento proyectada. Si dicha altura y resistencia máximas no se tienen en consideración, será cuando se puedan llegar a desarrollar los daños en juntas y paneles que pongan en peligro la estanqueidad al viento antes mencionados.

El material de sellado podría ser eliminado si las caras en contacto presentasen una planeidad perfecta, sin embargo, la posibilidad de alcanzarla sería baja y a muy alto coste económico, lo que lo hace inviable, amén de la dependencia del material de base del panel.

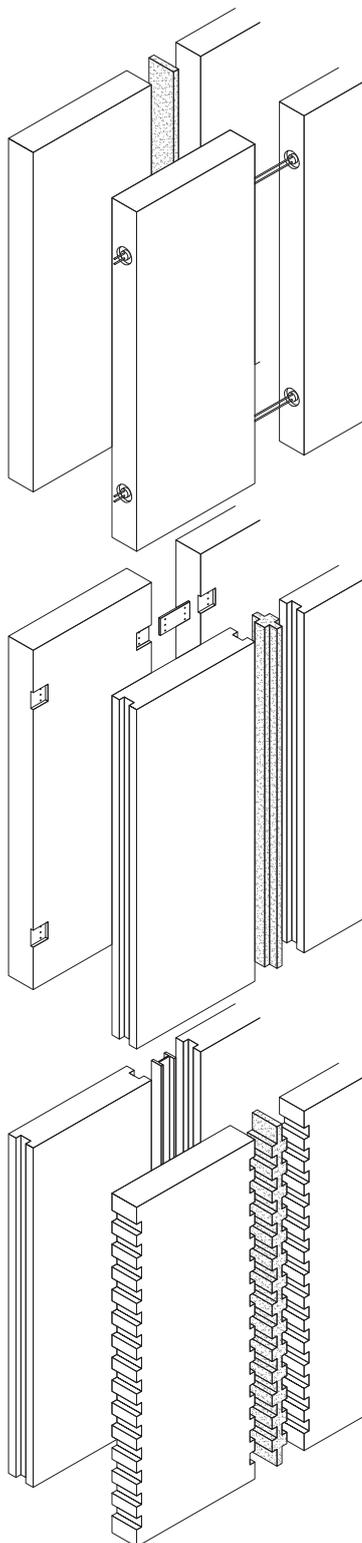
Juntas verticales colaborantes: Se da tanto en el caso de paneles portantes como no portantes, con el objeto de mejorar el comportamiento frente a acciones de componente horizontal. A su vez, el tipo de unión podrá ser en seco o bien en húmedo, ya sean uniones con elementos metálicos soldados o con parte de la sección hormigonada o rellena de mortero. Sin embargo, esto únicamente será así en términos de colaboración funcional, siendo que para lograr una estanqueidad efectiva se requerirá de ligantes continuos en toda la altura

Juntas colaborantes horizontales.



Juntas colaborantes verticales.

- Junta recta con material de unión.
- Junta recta con unión por postesado.
- Junta recta con fijaciones puntuales.
- Junta con pasador con material de unión.
- Junta con pasador metálico.
- Junta con llaves con material de unión.



de la junta, con independencia de que estos se presenten en forma de conglomerados o perfiles metálicos continuos.

Al igual que en el caso anterior, se crea una dependencia entre paneles contiguos que complejiza de forma notable cualquier trabajo de reparación, más aún en el caso de utilizar conglomerados vertidos desde el extremo superior de la junta, los cuales deberán ser picados para poder proceder a una sustitución de los paneles. Es por esto que desde la perspectiva del presente trabajo se desaconseja su uso en favor de juntas metálicas continuas con fijaciones puntuales.

Desde el punto de vista de la estanqueidad, de la colaboración entre paneles se obtiene una elevada efectividad, dado que se aseguran deformaciones sincrónicas entre paneles que restan fatiga a la junta, siendo así las cargas de viento disipadas por la deformación de estos y relegando la junta a la resistencia a cortante.

Esta resistencia al corte exige por lo general apoyarse en recursos compuestos para evitar la penetración de viento, con lo que podemos clasificar las juntas de este tipo en tres grupos:

- Juntas rectas: En este caso, los cantos verticales se presentan rectos. Entre ellos se incluye o bien un material de unión, una fuerza perpendicular a modo de postesado, o elementos puntuales de conexión que deben ser capaces de hacer frente a la transmisión de esfuerzos de corte.

Cuando existe algún material de unión, principalmente en forma de mortero o resina, como propiedad asociada asegurará la capacidad de estanqueidad, y su resistencia a las acciones actuantes quedará determinada por el material del panel, el material constituyente de junta, y la adherencia entre ambos, siendo este el punto más crítico en la unión.

Cuando se recurre al postesado, el incremento de las fuerzas de rozamiento garantiza la transmisión de esfuerzos en los cantos, y la junta podrá tener o no material de unión, si bien en el caso de no tenerlo los requerimientos de planeidad en los bordes serán extremadamente altos para poder alcanzar la estanqueidad, lo que resulta complicado y caro de obtener según el material del que se trate. Por lo general, aunque la geometría en el caso de las juntas verticales se distancia respecto de las horizontales, donde se suelen combinar con machihembrados, la obtención de semejante grado de perfección en el borde puede resultar contraproducente en términos económicos, por lo que se recurrirá preferiblemente a la incorporación de materiales de unión.

Si se trata de fijaciones puntuales, estas podrán ser soldadas o atornilladas a algún elemento metálico previamente embebido en el panel, susceptible de incorporar mecanismos para disipar la energía asumida, aumentando el amortiguamiento. En este último caso resultará indispensable incorporar materiales de sellado en los cantos para establecer la barrera al aire.

- Juntas con pasador: Se basa en la alteración geométrica del panel, incluyendo en sus cantos una muesca longitudinal próxima a la línea central. La junta se rellena con mortero, grout u otro material ligante de características similares, introduciendo de ser necesario una barra de armado de modo análogo a la ejecución de forjados con losas alveolares. De este modo se incrementa la superficie de contacto entre el material de junta y los paneles, asegurando una mayor adherencia y colaboración estructural.

Como contrapartida estarán la dificultad de relleno de la junta, así como la elaboración del panel, por presentar este una geometría más exigente a lo habitual.

- Juntas con llaves: Como el anterior, se basa en la alteración geométrica del panel en sus cantos,

incluyendo una serie de muescas o indentaciones perpendiculares al panel, generando un perfil quebrado en el costado del mismo.

La junta se rellena también con mortero, grout, u otro material ligante, de modo que el incremento en el área de contacto generado por las llaves permita aumentar el rozamiento. Los inconvenientes en este caso coinciden con el sistema anterior, siendo la elaboración aún más compleja por efecto del mayor número de entrantes y salientes.

En los tres casos, la colaboración del material de junta con la capacidad de estanqueidad, es apreciable, siendo el diseño con llaves el que mejores resultados ofrece en cuanto a la transmisión de esfuerzos.

o Juntas no colaborantes.

El funcionamiento general de la fachada se compone de la suma de cada uno de los elementos constituyentes, los cuales son independientes los unos de los otros a nivel de respuesta frente a las acciones actuantes, lo que hace el montaje un proceso más simple, así como las reparaciones.

Juntas no colaborantes horizontales: Se da en el caso de paneles anclados en sus bordes inferior y superior a la estructura principal del edificio o bien a una subestructura dispuesta para tal efecto, de modo que en ningún momento su peso es transmitido a la pieza inmediatamente inferior. Esto supone que el peso propio juega un papel fundamental en el sistema de hoja interior, debiendo mantenerse dentro del mínimo posible para evitar sobredimensionamientos en la estructura que le dé soporte, lo que de forma paralela puede afectar a la capacidad de aislamiento acústico del cerramiento.

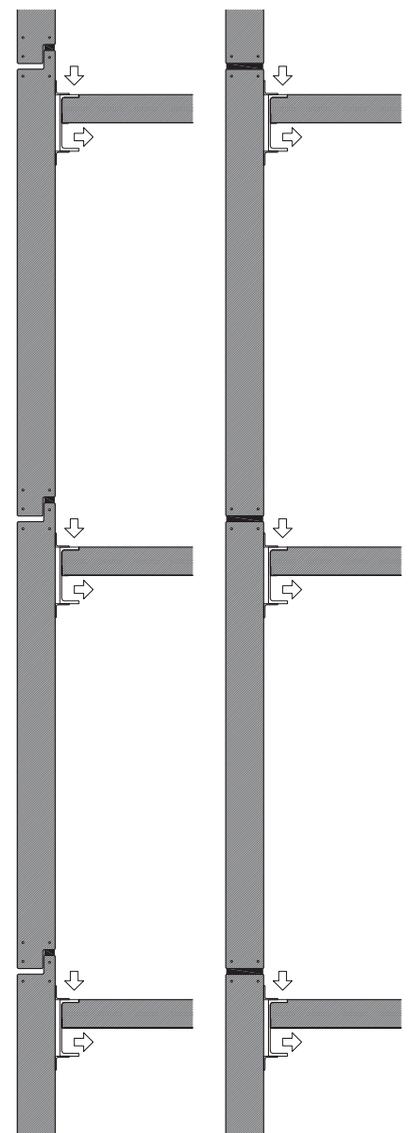
Se debe controlar la dimensión del componente de sellado para el establecimiento de la barrera a la penetración de aire, siempre en función del ancho de junta prevista, de modo que la presión ejercida sea la adecuada y permita los movimientos de dilatación sin verse sobrepasada ni generar holguras en el contacto con los paneles. Si dicho sellado queda excesivamente flojo se podría producir su desprendimiento, con lo que no sería efectiva, pero si queda excesivamente tensionado, se podría producir una rotura o incluso la salida de su posición por efecto de los cambios dimensionales con las fluctuaciones térmicas.

De forma paralela, al depender la posición de los paneles de hoja interior de la estructura general del edificio, los movimientos de esta, derivados de asentamientos diferenciales, pueden llevar a que se produzca una separación notable, dando lugar a infiltraciones de aire que invaliden el modelo proyectado.

Por lo general se utilizarán materiales como el neopreno, mástics, masillas, perfiles preformados, o bandas de materiales elastoméricos para efectuar estos sellados, que en cualquier caso requerirán de inspecciones periódicas y sustituciones. En el caso de las juntas horizontales no colaborantes, si estas coinciden con los cantos de los forjados, estas sustituciones pueden resultar complejas, pues si bien la colocación del material durante las obras de construcción es sencilla al tratarse de un proceso de progresión ascensional, la reparación en un panel aislado desde la cara exterior será enormemente dificultosa cuando no imposible, más aún si el panel presenta machihembrados que aseguren una mayor efectividad contra la penetración del agua, pues los sellados se disponen necesariamente próximos a la cara interior.

Juntas no colaborantes verticales: Se emplean tanto en el caso de paneles portantes como no portantes. Este tipo de juntas no asegura la deformación uniforme de los paneles contiguos, y es por esto por lo que deberán asumir los desplazamientos entre los cantos próximos con su propia deformación.

Juntas no colaborantes horizontales.



De la independencia entre paneles se derivan las mayores ventajas en los sistemas de prefabricados para la conformación de la hoja interior en la fachada ventilada, ya que de este modo se facilita sobremanera tanto la colocación en obra de la pieza como su ajuste, reparación o sustitución, estribando la mayor de las complicaciones en la posible existencia de geometrías complejas para la formación de las juntas horizontales.

Al igual que en el caso anterior, se debe controlar que los anchos de junta sean adecuados al modo de funcionamiento de la hoja, permitiendo la libre dilatación sin que se produzca la expulsión del material de sellado a causa de las fluctuaciones de incremento y merma dimensionales.

Por lo general, los paneles destinados a la ejecución de junta vertical no colaborante, presentarán resoluciones en sus cantos enfocadas a facilitar la resolución del encuentro contra la penetración del aire, tal y como se ha indicado con anterioridad, en forma de remates preparados para el sellado y cámaras de descompresión en la línea media. Los sellados podrán ser simples o dobles, suponiendo una gran diferencia en cuanto a garantías de éxito contra la entrada de agua y aire.

5.2.2.- Clasificación de junta según geometría en los cantos del panel.

En el apartado anterior se han tratado las alteraciones geométricas de los bordes verticales como recurso para potenciar la ligazón y así obtener una respuesta colaborativa entre paneles contiguos, asegurando de este modo la continuidad del plano resistente. La alteración de forma en los cantos será además un recurso muy valioso contra la penetración del agua, si se bloquea por algún otro medio el avance del aire hacia el interior.

De forma paralela, un adecuado planteamiento geométrico del panel puede propiciar una mayor facilidad de colocación en la posición final, así como la retirada del componente durante los trabajos de reparación que pudieran ser necesarios si no colabora estructuralmente con ninguno de los anexos. Este último caso será complicado sin embargo en el caso de determinados machihembrados horizontales, que podrían imposibilitar su extracción aún si son totalmente independientes.

Cabe destacar también, que no todos los tipos de alteración geométrica son aptos para todos los cantos de los paneles, tanto por motivos de complicación en la colocación como por ineficacia en según qué posiciones se presenten. Así, un canto horizontal plano facilitará en exceso la entrada de agua por efecto de capilaridad si las caras se encuentran muy próximas, o simple acceso por empujes de viento si es muy ancha.

- Cantos planos.

Solución habitual en juntas verticales, pero totalmente inefectiva en los encuentros horizontales por los motivos antes expuestos. Dependen por completo de los materiales de sellado en capa gruesa, o bien componentes de sellado en las caras externas, estableciendo una coincidencia entre barrera al agua y contra la penetración de aire, lo que supone que un fallo puntual conlleve una disfuncionalidad generalizada.

Los materiales o componentes de sellado deben ser lo suficientemente elásticos para soportar la fatiga asociada a los movimientos constantes a los que se ven sometidos, dependiendo por entero de la adherencia entre materiales. En el caso de la capa gruesa, si es excesivamente elástico el material, no se podrá transmitir esfuerzo alguno, siendo así imposible generar una junta colaborante a no ser que exista algún medio auxiliar capaz de resolver el problema.

La mayor de las ventajas de este tipo de junta, será la facilidad de elaboración, así como la a priori máxima sencillez de colocación en la posición final.

- Cantos ranurados.

Resolución muy habitual en el caso de juntas verticales. Se trata de la resolución de canto de panel que mayores posibilidades de combinación presenta, pasando por la disposición de sellados y barreras estratégicas para el control de los movimientos del aire hasta el relleno con morteros para generar un sellado grueso capaz de asegurar la colaboración estructural lateral. En el primero de los casos, el grado de especialización obtenido es el máximo alcanzable con los métodos actuales en una junta de estas características.

La cámara generada, en el caso de juntas no colaborantes, debe estar ventilada y correctamente drenada, disponiendo de los mecanismos de expulsión que fuesen necesarios, así como de sistemas de amortiguación del aire que eviten el movimiento vertical por diferencia de presión en intervalos espaciados. En esta ranura tiene lugar el cambio de presiones, expandiéndose el aire en avance. La posibilidad de entrada de agua por capilaridad se ve de este modo coartada al precipitarse el vapor contenido, con lo que nunca llega a establecer contacto con el sellado interior.

- Cantos machihembrados.

Junta habitual en los encuentros horizontales, susceptible de ser adaptada para la resolución de junta vertical. En el primero de los casos ofrece la máxima garantía contra la entrada de agua en el encuentro horizontal al generar una barrera efectiva contra el ascenso por capilaridad, para lo que debe controlarse de forma minuciosa la separación entre las caras del machihembrado. Por sí sola no ofrece resistencia alguna al avance del aire, por lo que contará en la cara interior con el pertinente sellado.

Difícilmente conllevará colaboración estructural por sí sola en la junta horizontal, y aunque pueden garantizar este comportamiento en caso de usarse como recurso para la junta vertical, su disposición presentaría complicaciones notables requiriendo de una ordenación rigurosa del proceso.

Será complicado, por otra parte, combinar juntas horizontales y verticales efectivas en un mismo panel ya que requieren por lo general de geometrías diferentes, siendo que de coexistir, las posibilidades de corrección o reparación una vez terminada la obra son extremadamente limitadas, si bien la colaboración entre componentes sería total.

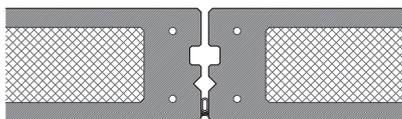
5.2.3.- Clasificación de junta según el tipo de sellado.

Por norma general, en cualquier tipo de junta las masas de cierre deben mantener la elasticidad inicial para garantizar que no exista fallo. Los bordes sobre los que se aplican o colocan deben estar limpios, libres de impurezas y grasas.

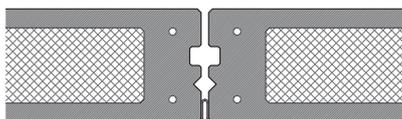
Este sellado podrá efectuarse en el interior o el exterior según la selección realizada, simple o doble, radicando en ello la mayor de las diferencias en esta clasificación de junta.

Podrá realizarse un sellado de tipo grueso o bien de superficie sobre la cara externa de los paneles, si bien estos

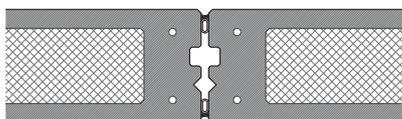
Junta cerrada de un sellado.



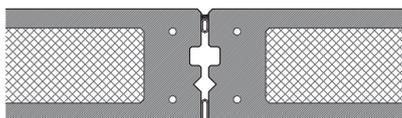
Junta cerrada de un sellado.



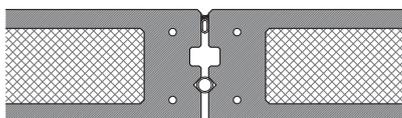
Junta cerrada de dos sellados.



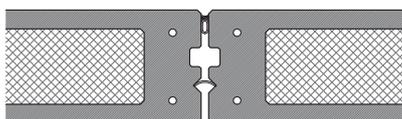
Junta cerrada de dos sellados.



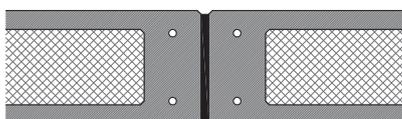
Junta abierta de un sellado.



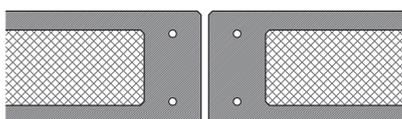
Junta abierta de un sellado.



Encuentro en sellado grueso.



Encuentro en sellado de superficie.



últimos casos se definen con anterioridad como encuentro y no propiamente como resolución de junta, se incluyen en el presente apartado, enfocado a un menor grado de especialización.

○ Junta abierta de un sellado.

Junta abierta con evacuación posterior, ventilada y capaz de establecer la ecualización de las presiones de viento incidentes. Presentan una doble línea de protección contra la intemperie.

Se compone de una barrera contra la lluvia próxima a la cara exterior, y un sellado contra el viento cercano a la interior. La barrera contra la lluvia bloquea la mayor cantidad de humedad capaz de penetrar hasta ella, mientras que el sellado contra el viento permite que la cámara de descompresión desempeñe su función correctamente. Como se ha explicado en el apartado anterior, esta cámara está provista de los mecanismos necesarios de expulsión de agua y de sectorización vertical para evitar los flujos de aire ascendentes.

Se debe controlar la posibilidad de que el agua se mueva por el interior del edificio a través del sellado estanco al viento en edificios en altura con alta humedad interior, o en los que la presión interior del aire pueda, de forma ocasional, ser superior a la presión atmosférica exterior. Esta situación se da en el caso de fachadas bajo presiones de sotavento continuas.

Esta es la junta más segura para edificaciones en climas severos, requiriendo que exista una accesibilidad razonable desde el interior para la ejecución del sellado y su mantenimiento. Como contrapartida se encuentra el precio, más elevado que los demás ejemplos, así como algunos fallos comunes entre los que se encuentran las holguras en los sellados contra el viento, errores que impiden la buena ventilación de la cámara, o defectos en la barrera contra el agua.

○ Junta cerrada de un sellado.

El sellado se realiza únicamente por el exterior de los paneles, nunca por el interior, mediante la colocación de un cordón obturador de polietileno de diámetro adecuado al ancho de la junta, que garantice el grosor de sellado deseado manteniendo su posición durante la aplicación del cordón externo con masilla neutra o masilla de poliuretano, generalmente por medio de una pistola de extrusión.

El funcionamiento depende de los materiales y su ejecución, por lo que deberán ser inspeccionados de forma periódica. Tiene la gran ventaja de ser la más económica en cuanto a su precio inicial, siendo por ello el sistema más empleado, funcionando adecuadamente en climas moderados. Como contrapartida se encuentra la alta velocidad de degradación de los materiales, menor en el caso de las fachadas ventiladas al quedar protegidas del efecto del sol, aunque de igual manera, al tratarse de soluciones puntuales el fallo localizado conlleva un fallo general en la estanqueidad.

○ Junta cerrada de doble sellado.

Similar a la anterior y con base en el mismo principio. La resistencia a la penetración del agua y aire queda establecida en el cordón de sellado exterior, con la diferencia de buscar una mayor garantía de éxito al duplicar en la cara interior el sellado. Puede provocar, en caso de deficiencia del cordón exterior, que no se detecte el daño hasta que este se encuentra demasiado avanzado, por lo que puede resultar contraproducente y se desaconseja su utilización.

o Encuentro en sellado grueso o de superficie.

Es el tipo de sellado entre paneles más básico. Se limita a la interposición de una capa gruesa, en el caso de ir al canto, o una barrera adherida de ir en la cara exterior, que impida en mayor o menor medida el avance del agua y la penetración del aire.

Funcionalmente distan bastante de los casos anteriores, tratándose de componentes mucho más masivos, carentes del entendimiento de los procesos de funcionamiento de las presiones de viento y avance capilar del agua en su concepción.

5.3.- Material y forma. Soluciones de sellado y barrera.

De cara a la prefabricación, establecer un sistema basado en la independencia entre paneles de hoja interior conlleva mayores posibilidades tanto de colocación como de reparación local en la fachada. Los requerimientos de especialización asociados a esta independencia, sin embargo, conllevan mayores exigencias de entendimiento funcional y por tanto de ejecución en la junta, por lo que resulta fundamental estudiar las diferentes posibilidades materiales en la elaboración de esta según su forma.

La razón para acotar el estudio a las juntas no colaborantes es la posibilidad de estratificación de la función estanca al margen de la estructural, al ser posible implementar esta última por medio de mecanismos añadidos, pero descartando la junta en sí como medio transmisor de esfuerzos, lo que permite alcanzar un mayor grado de especialización así como mayores garantías.

Paralelamente, el esfuerzo necesario para el desarrollo de un panel adecuado se incrementa de forma notable debiendo ir parejo al de la junta y sus materiales, pero como propiedad asociada, se alcanzará un mayor grado de optimización, que a su vez permitirá el descenso de las posibilidades de error.

5.3.1.- Pasta de sellado.

- Junta abierta de un sellado. Cara interior.
- Junta cerrada de un sellado. Cara exterior.
- Junta cerrada de doble sellado. Cara interior y exterior.

Antes de la ejecución de los sellados por medio de la aplicación de pastas de cualquier tipo, se deberán tener en cuenta los requerimientos necesarios para la obtención de un buen comportamiento a largo plazo. El diseño de la junta debe ser apropiado en ancho y profundidad para hacer frente a los constantes cambios producidos por los movimientos derivados de dilataciones térmicas, acentuados por la gran dimensión que presentan los paneles así como por determinados materiales de constitución de los mismos. El sellador debe ser capaz de absorberlos, evitando el fallo funcional, para lo que se establece una relación general entre las mencionadas dimensiones.

Los labios o bordes de los paneles deben ser paralelos y con una profundidad aproximada de dos veces el ancho de la junta, siempre por encima de los 30mm, lo que le proporcionará agarre suficiente. Para la mayoría de los

Referencia de productos de sellado SIKA.

Sikaflex AT-Facade:

Sellador elástico con base de poliuretano híbrido STP de un componente, de curado por humedad ambiente. Indicado para el sellado de juntas con fuertes movimientos sobre sustratos porosos y no porosos, y entre materiales similares o diferentes como hormigón, acero, vidrio, ladrillo, PVC, o policarbonato. Resistente a la intemperie y acción de los rayos UV.

Densidad:	1.30 Kg/L
Formación de piel:	80 min
Velocidad de curado:	3mm/24h
Cap. de movimiento:	50% LM
Ancho de junta:	10-40mm Min-Max
Temp. de servicio:	-40°C/+70°C
Resist. a desgarre:	5.50 N/mm ²
Módulo elástico:	0.30 N/mm (+23°C) 0.50 N/mm (-20°C)

Recuperación elástica: >80% (+23°C)

Sikaflex PRO-2 HP:

Sellador de un componente de bajo módulo elástico y base de poliuretano, de curado por humedad ambiente. Indicado para juntas de conexión y movimiento, ya sean interiores o exteriores. Apto para el sellado en hormigón, madera, o acero.

Densidad: 1.30 Kg/L
 Formación de piel: 60-120 min
 Velocidad de curado: 3mm/24h
 Cap. de movimiento: 25% LM
 Ancho de junta: 10-40mm Min-Max
 Temp. de servicio: -40°C/+70°C
 Resist. a desgarre: 7.00 N/mm²
 Módulo elástico: 0.30 N/mm (+23°C)
 0.60 N/mm (-20°C)
 Elongación de rotura: 800% (+23°C)
 Recuperación elástica: >80% (+23°C)

Referencia de productos de imprimación Sika.

Sika Aktivator-205:

Solución de alcohol activadora para el pegado en superficies previa aplicación de los productos de sellado. Indicado para la activación de superficies no porosas como metales, plásticos, vidrio, o superficies pintadas.

Densidad: 1.30 Kg/L
 Punto de evaporación: 12°C
 Cobertura: 30-60 ml/m²
 Tiempo de secado: 10 min

Sika Primer-3N:

Promotor de adherencia elaborado con resina epoxi de base solvente para sustratos porosos y metálicos.

Densidad: 1.00 Kg/L
 Punto de evaporación: -4°C
 Cobertura: 150 ml/m²
 Tiempo de secado: 30 min

Sika Primer-215:

Promotor de adherencia de poliuretano en base solvente con baja viscosidad y de secado por reacción con la humedad ambiente. Indicado para la imprimación de GRP, resinas epoxídicas, PVC, ABS, madera y superficies porosas como el hormigón o mortero. No recomendada su aplicación en plásticos propensos al ataque químico como algunos acrílicos o policarbonatos.

Densidad: 1.00 Kg/L
 Punto de evaporación: -4°C
 Cobertura: 50-150 ml/m²
 Tiempo de secado: 30 min

sellantes, la capacidad de movimiento deberá ser al menos 4 veces el movimiento estimado de la junta. Finalmente, la relación de ancho y profundidad se establece en una proporción 2:1, requiriendo en todo caso la disposición de un fondo de junta adecuado al ancho que presente esta, ya sea de polietileno de célula cerrada o espuma de poliuretano de célula abierta, siendo estos últimos más fáciles de comprimir pero con la capacidad de absorber humedad ambiente, lo que podría derivar en una alteración del sellador.

Se tendrá en cuenta también el tipo de sustrato sobre el que se va a aplicar el material de sellado, las condiciones ambientales en el momento de aplicación y el proceso. En el caso de ser necesario, se aplicarán productos auxiliares para la preparación superficial de los sustratos.

Con el fin de garantizar una buena adherencia, la superficie de los sustratos ha de estar limpia, seca y sin ningún tipo de grasa, aceite o polvo, partículas sueltas u otro tipo de sustancia que pueda afectar negativamente en la adhesión. Los productos limpiadores y activadores ayudan a generar una superficie adecuada para el sellado, mejorando la capacidad de adherencia, y las imprimaciones mejoran la adherencia en sustratos complejos como los plásticos, especialmente a largo plazo y en caso de condiciones severas.

Condiciones de sellado especiales: En recintos con protección frente al fuego y humo, es necesario generar barreras efectivas capaces de mantener el sellado durante los tiempos previstos según la normativa, evitando la salida de estos a la cámara de aire y el consecuente avivamiento de la llama. Para ello, el sellante debe poseer una alta resistencia a la ignición y baja propagación de llama, así como ser capaz de mantener la estructura interna evitando el paso del humo.

El método de funcionamiento podrá ser tanto por resistencia a la incidencia de la llama, como por medio de la modificación de su estructura superficial, a modo de selladores intumescentes.

Proceso de aplicación del sellado: La creación de la junta debe mantener unos requerimientos compositivos mínimos, tal y como se ha expuesto en el apartado 5.1.3. Si bien la aplicación de pastas será el método que menos garantías ofrece en el apartado visual, por efecto de la dependencia en la habilidad del operario, se puede ejecutar con visos a un acabado de calidad a la vez que duradero.

La primera preparación de las superficies consistirá en el lijado con cepillo u otro tipo de maquinaria, asegurando en cualquier caso que no queden restos de polvo o partículas gruesas sueltas. A continuación se procederá a la inserción del fondo de junta, con un diámetro un 20-30% superior al ancho de junta. En el caso de que este fondo de junta sea de polietileno de célula cerrada, la herramienta de inserción no debe ser susceptible de producir daños en su superficie, evitando por tanto cualquier herramienta provista de filo.

La aplicación de la imprimación en el área de pegado dependerá del tipo de material, y se empleará en cualquier caso algún tipo de cinta adhesiva que permita enmascarar los labios de la junta, quedando de este modo perfectamente delimitados. Se recurrirá a imprimaciones de base epoxi monocomponentes en el caso de sustratos porosos como el hormigón, o bien imprimaciones de base de poliuretano en el caso de plásticos, lacas, barnices, vinilos, o aluminio acabado con pinturas en polvo. Otra opción para el caso de sustratos no porosos como metales, plásticos, cerámica vidriada y algunas superficies pintadas, será la utilización de algún promotor de adherencia y producto de limpieza compuesto por alcoholes monocomponentes. Esta imprimación se aplicará en una sola mano y formando una fina película sobre las paredes de la junta, pero nunca en el fondo de la misma ya que en este caso se limitarían sensiblemente las posibilidades de contracción y dilatación del sistema.

Tras este paso, se aplicará el material de junta de forma progresiva evitando que se generen burbujas ocluidas

por la masa de sellado, empleando una pistola dispensadora. El sellador deberá ser presionado sobre los labios para asegurar que quede adecuadamente adherido a los bordes, y se alisará superficialmente con un líquido de alisado para obtener un acabado de calidad. La profundidad deberá ser la menor posible, con el fin de incrementar la capacidad de elongación, estando limitada por la necesaria superficie de contacto para garantizar la adherencia.

El sellado se realizará de diferente modo según si se ejecuta en verano o invierno para tener en cuenta las variaciones de longitud de los paneles por la acción de la temperatura. Si se realiza en verano, la profundidad será la máxima recomendable, pudiendo incluso sobrepasarse, ya que el ancho de junta alcanzará su mínima dimensión posible debido a las mencionadas dilataciones en los materiales que forman sus paredes. Al ir descendiendo la temperatura, la contracción de los paneles hará que la junta se ensanche, pudiendo generarse una insuficiente superficie de anclaje a las paredes para que no se despegue de ellas.

El sellado en invierno supondrá el caso contrario, debiendo sellarse la junta con la menor profundidad posible, con el fin de que al producirse el estrechamiento durante el verano, el sellante pueda flexionar conservando todas sus propiedades.

Proceso de reparación del sellado: Si tras las correspondientes inspecciones visuales se detecta algún error de sellado en la junta, será necesario su reemplazo. Algunas de las razones más habituales serán una ejecución inadecuada, el uso de selladores poco acertados, diseños de junta erróneos, exceso de carga en la junta, reposición de sellado por agotamiento de su vida útil, problemas de compatibilidad con los materiales adyacentes, exposición a productos químicos agresivos, o insuficiente preparación de los labios de junta con resultado de una baja adherencia.

El primer paso será pues determinar la razón por la que se debe renovar el sellado, así como la compatibilidad química del nuevo sellante con los restos que puedan permanecer del antiguo. Para la renovación, se deberá cortar el sellador existente, y en zonas con baja adherencia se hará una limpieza mecánica en la zona de pegado.

- Renovación por mala adherencia o finalización de la vida útil del sellante. Cuando se utilicen selladores de poliuretano para renovar juntas de antiguos poliuretanos, polímeros terminados en silanos o polisulfuros, se puede dejar un espesor de 0.2-0.5mm en los labios de la junta, y utilizar masillas de poliuretano para el nuevo sellado, si por el contrario estaba sellada con silicona, se deberá reparar con selladores de silicona monocomponente y curado neutro. Para asegurar la durabilidad de la nueva junta, se deberá utilizar una imprimación adecuada al efecto. Es fundamental asegurar que se produce una penetración adecuada del material en la junta, sin zonas huecas, así como lo será reparar la junta antes de que el sellante comience a formar piel superficial.

Si la razón de renovación en la junta es porque el producto aplicado es incompatible con alguno de los materiales adyacentes, se debe sustituir por un sellante que no presente esta incompatibilidad.

- Renovación por dimensionado incorrecto de la junta. La sustitución del sellante por otro si se mantienen las condiciones de separación entre paneles no será efectiva, así como si se cambia por otro de características similares, ya que será habitual que se repitan las condiciones que han llevado al fallo. Si las dimensiones de la junta no se pueden modificar y no se puede aplicar un nuevo producto capaz de asumir las exigencias de separación y movimientos existentes, se deberá recurrir a algún sellante de tipo banda o bien perfil preformado.

Las cintas elásticas preformadas están disponibles en diferentes medidas que permiten adaptar la solución al grueso de junta, con la ventaja de poder utilizarse independientemente de la razón por la

Referencia de productos de sellado contra el fuego SIKA.

Sika Firesil N:

Sellante retardante de llama de base de silicona neutra de un componente, para aplicaciones interiores y exteriores. Indicada para zonas con altos requerimientos con respecto a materiales retardantes de llama. Presenta buena adherencia sobre la mayoría de materiales y gran resistencia a los rayos UV y agentes atmosféricos.

Densidad:	1.50 Kg/L
Formación de piel:	25 min
Velocidad de curado:	2mm/24h
Cap. de movimiento:	25% LM
Ancho de junta:	6-24mm Min-Max
Temp. de servicio:	-40°C/+150°C
Resist. a cizallamiento:	4.00 N/mm ²
Resist. a tracción:	0.60 N/mm ²
Módulo elástico:	0.40 N/mm (+23°C)
Elongación de rotura:	550% (+23°C)
Recuperación elástica:	>90% (+23°C)

Sikaflex AT-Facade:

Masilla intumescente de alta resistencia a la llama, de un componente, a base de silicatos y adecuada para juntas sin movimiento. Posee una buena adherencia a la mayoría de los materiales, expansión a temperaturas superiores a 250°C, y sin producción de humos.

Densidad:	1.95 Kg/L
Formación de piel:	5 min
Velocidad de curado:	2mm/24h
Cap. de movimiento:	0% LM
Temp. de servicio:	-40°C/+1000°C

Referencia de cintas de sellado SIKA.

Sikaflex Stripe FB-90:

Sistema de cintas para trabajos de reparación en juntas destinadas a ser cubiertas, con disponibilidad de múltiples anchos, buen comportamiento ante el efecto de los rayos UV, y de fácil y rápida aplicación.

cual se debe reponer el sellado, y no siendo necesaria su extracción, si bien no presentan buenas capacidades estéticas, motivo por el cual no se incluyen en el presente estudio sobre métodos de sellado.

Referencia de perfil de sellado JOINT series FB.

	Profile.	Joint width min. mm.	Joint depth min. mm.
	FB 20/1518	10	25
FB 20/1820	12	25	
FB 20/2122	15	30	
FB 20/2422	18	30	
FB 20/3028	20	35	
FB 20/4030	28	45	
FB 20/5038	35	55	
FB 20/6084	45	65	

Series FB 20:

MATERIAL. High quality sintetic rubber, long wearing, weather resistant, temperature resistant (-30°C to +120°C), extensively resistant to oils, acids and bitumen.

SPECIAL PROPERTIES. The permanent elasticity and the special design of the side barbs ensure secure fixing and good weathertightness. Very good sound and thermal insulation by special design of the profiles (8 hollows).

INSTALLATION INSTRUCTIONS. Clean the joint and apply adhesive with a flat brush or a spray gun to the sides of the joint. Press the FB 20 profile into the joint by hand pressure until it is correctly entered, then push finally home with a caulking tool to the required depth. Jointing of lengths of profile is done by means of a scarf joint. In making 4-way intersections the profiles are cut to form a halved joint so that they fit closely together.

If it is necessary for the profile to be inserted and bent round a right angle corner the profile must be reduced in depth by removing all four cross pieces for an area at least as long as the total depth of the profile. Silicone mastic should be applied to all exposed ends of the cross pieces and then the sections pushed together in such a way that a full seal is obtained.

Referencia de perfil de sellado JOINT series KF.

	Profile.	Width of cover mm.	Joint depth min. mm.
	KF 55/1530	50	40
KF 55/1531	47	40	
KF 55/3560	75	50	
KF 55/3561	50	50	

Series KF:

MATERIAL. Flexible sealing profile made of high quality synthetic rubber, long wearing, weather resistant, temperature resistant (-30°C to +120°C) extensively resistant to oils, acids and bitumen, with Steel insert and stainless Steel spring clips.

5.3.2.- Perfil de sellado.

- Junta abierta de un sellado. Cara interior.
- Junta cerrada de un sellado. Cara exterior.
- Junta cerrada de doble sellado. Cara interior y exterior.

El sellado por colocación de un perfil preformado conlleva las mismas o similares exigencias que los sellados por aplicación de pastas en la junta en cuanto al conocimiento del comportamiento a largo plazo en el encuentro, ya sea por efecto de las variaciones dimensionales debidas a la dilatación de los componentes de fachada, movimientos en el plano debidos a cargas de viento significativas, o por el margen dimensional de junta derivado del proceso de colocación, puesto que deberá responder deformándose adecuadamente, sin presentar en la medida de lo posible debilitamientos o resquicios en el sellado.

Los requerimientos de diseño en los labios definidos por los paneles serán igualmente similares, debiendo estar adecuados a los movimientos previsibles, y siendo la relación entre separación de bordes y profundidad del plano disponible para el sellado un aspecto que en todo caso dependerá del modelo de junta seleccionado. El diseño del perfil debe favorecer el acompañamiento en las deformaciones, así como el agarre y presión necesarios contra los bordes para asegurar la estanqueidad. Los labios de los paneles podrán presentar entalladuras en su desarrollo vertical que aseguren en mayor medida el agarre del perfil y el mantenimiento de su posición.

Esta adaptación de los paneles conlleva tres aspectos asociados, que sea necesario seleccionar el modelo de junta con anterioridad para poder adaptar el panel a esta, un incremento en la dificultad de elaboración de los paneles, o que pueda ser necesario recurrir a sistemas cerrados de juntas específicas para el panel seleccionado. En este último caso, dependiente de que exista una oferta de tales características, sería posible disminuir costes de forma considerable.

Este sistema ofrece la posibilidad de recurrir a diferentes materiales, desde perfiles elaborados íntegramente con goma, hasta la combinación entre PVC para la formación de barrera y clips de agarre de acero inoxidable. Los primeros están sujetos al condicionante del ancho de junta dado que funcionarán insertos en su totalidad en esta, mientras que los segundos únicamente dependen de la capacidad de adaptación del clip, el cual permite la fijación con independencia del ancho disponible, siendo la barrera de PVC totalmente externa.

Este método de sellado permite, además, la inclusión en el interior del encuentro de sistemas de apoyo como cordones intumescentes que permitan un doble sellado en caso de incendio, o bien de tipo hidroexpansible, incrementando la garantía de éxito contra la entrada de agua si por algún motivo el sistema principal de eualización, de existir, falla por deficiencias de ejecución. No obstante, si se disponen hacia el interior de la estancia habitable podrán contar en su cara vista de algún sistema propio de respuesta contra el fuego.

Para un correcto funcionamiento, los cantos deberán estar libres de daños graves en la continuidad, sin grasas, aceite o polvo, partículas sueltas u otra sustancia que pueda debilitar la sujeción. A priori, no será necesario

aplicar ningún tratamiento superficial con imprimaciones más allá de los necesarios para corregir desconchados o roturas, o de algún producto adhesivo.

Condiciones de sellado especiales: Los requerimientos de resistencia frente a la llama durante un incendio en juntas de sellado preformadas serán idénticas a las ya expuestas en cuanto a incombustibilidad o formación de barrera contra la llama y el humo, presentándose por lo general como sistemas complementarios insertos entre los cantos de los paneles, de modo que durante el incendio puedan expandirse sellando el hueco.

Este tipo de cordones serán adecuados cuando se trate de juntas cerradas de un solo sellado por el exterior, quedando ocultas en la mitad del espesor del panel, sin embargo, si se trata del sellado por la cara interna, puede resultar más adecuado recurrir a algún perfil con una capa externa de material intumescente o bien a algún material incombustible y que no vea su geometría alterada durante los tiempos exigidos por la norma.

Soluciones preformadas especiales: Entre los inconvenientes asociados a los perfiles preformados para el sellado de juntas se encuentra la posibilidad de fluencia en las patillas de acero de los clips como efecto de continuos movimientos de contracción y dilatación, los cuales aseguran la presión contra la superficie de los paneles de fachada, pudiendo de este modo llegar a ceder por efecto de presiones de succión o empuje de viento excesivas. Otra posibilidad sería la incapacidad del perfil de acompañar los movimientos de los paneles, generando resquicios de penetración de aire.

Frente a estos problemas se podrían plantear soluciones de perfil preformado que abarquen la totalidad del encuentro en sus dos frentes, abrazando la junta y asegurando su posición por medio de la presión ejercida en las caras interna y externa de los paneles. Este tipo de junta conlleva separaciones mayores entre los componentes de fachada para poder efectuar las fijaciones de forma cómoda y efectiva, pero como contrapartida aporta nuevas posibilidades de actuación en el grueso del panel, permitiendo resolver la junta de diversos modos. Podrá recurrirse a las caras externas o bien a entalladuras en el ancho medio, solventando al mismo tiempo el sellado y la barrera contra la penetración del agua, amén de los cruces de junta vertical y horizontal, que podrían ejecutarse con piezas diseñadas específicamente para tal efecto.

Proceso de colocación de la junta: La calidad estética resultante del sellado será la que presente la junta elegida, por lo que la capacidad del operario poco o nada tiene que ver en este aspecto. Este hecho posiciona este tipo de sellado como el más adecuado en la potenciación de la solución funcional a través del aporte estético.

El primer paso para la colocación del perfil, será asegurar que los cantos se encuentran libres de polvo o partículas más o menos gruesas, así como garantizar que las caras externas en el ancho de las alas del perfil sean lo suficientemente lisas y regulares para que las lenguas del cubrejunta mantengan el contacto de forma permanente repartiendo una presión uniforme.

No será necesario insertar ningún cordón de fondo de junta a excepción de los casos anteriormente mencionados para situaciones de incendio.

En cuanto al número de fijaciones puntuales o clips necesarios para soportar el perfil, vendrá determinado por el largo del mismo, cumpliéndose por lo general la relación de 5 fijaciones cada 3 metros. Estos clips, se deslizarán por el canal del perfil dispuesto para tal efecto hasta su posición final, la cual será marcada con anterioridad en intervalos idénticos, o bien serán fijados en las muescas o conexiones que el perfil presente, dependiendo en todo caso del modelo elegido. En el primer caso, la distancia entre anclajes será definida por el proyectista con mayor libertad, pudiendo incrementar su número al no existir un punto de fijación predeterminado, apoyándose

SPECIAL PROPERTIES. Profiles are fixed by stainless Steel spring clips. Profiles of series KF 55 are normally supplied with the short standard clip K1. Profiles KF 55 can also be supplied with the longer special clip K2, if desired. The continuous Steel insert guarantees a perfect view. Stainless Steel spring clips guarantee very long durability. Rapid and simple installation.

INSTALLATION INSTRUCTIONS. The spring clips which are supplied separately must be locked into the perforations in the Steel strip.

Individual production lengths of profiles are connected easily and permanently by sliding the overlapping part of the syntetic rubber insert of one profile into the overlapping part on the Steel strip of the next one and adhering them with adhesive.

The full quantity of 5 clips, as recommended and supplied must be installed for running meter to ensure proper functioning and alignment of the profile.

Profiles KF 55/1530 and KF 55/1531 clips must be installed with a screwdriver and must be arrested by displacing.

Profiles KF 55/3560 and KF 55/3561 must be set in the clip and arrested by revolving.

Referencia de cordón cortafuego JOINT.

Jointfire rope: Silico-aluminate mineral fibers, refractories and insulating, with a thermosetting binding resin and a spun glass lapping.

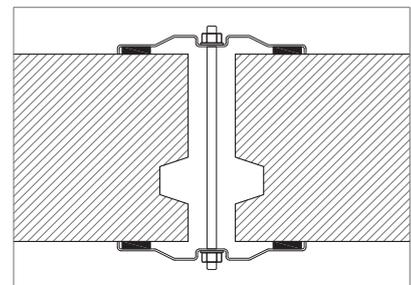
SPECIAL PROPERTIES. Free from asbestos fiber. Moisture and micro-organisms insensible.

INSTALLATION INSTRUCTIONS. Insert bead in expansion joint and press it to right depth (i.e.: bead Ø 30 in joint width 20mm).

For installation in ceilings and with unevenness joint width, use clips to position bead correctly.

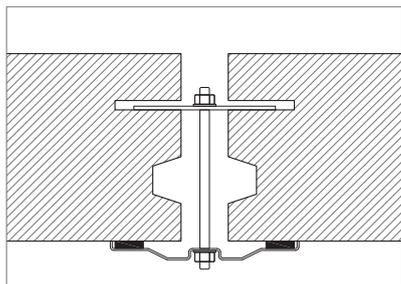
Soluciones especiales de junta preformada.

Junta cerrada de doble sellado:



Elaboración propia. Junta preformada elaborada en acero inoxidable con bandas elásticas de sellado y unión por presión con pasador de varilla roscada. Permite el sellado de la junta con mayor garantía de mantenimiento de posición.

Junta abierta de un sellado:



Elaboración propia. Junta prefabricada elaborada en acero inoxidable con bandas elásticas de sellado y unión por presión con pasador de varilla roscada. Permite el sellado de la cara interior de los paneles con mayor garantía de mantenimiento de posición y constitución de barrera contra la penetración de agua.

en el uso de distanciadores que serán introducidos por el mismo canal.

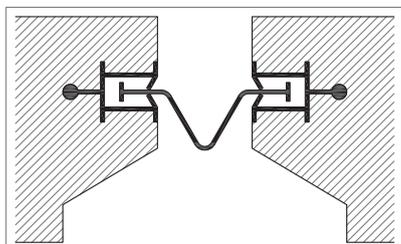
Si se recurre a juntas de goma prefabricadas no se requerirá de ningún tipo de fijación puntual, sino que tras la limpieza de los labios, se aplicará en el interior de los mismos un adhesivo por medio de una pistola dispensadora. Tras esto, el perfil se inserta en la junta aplicando presión de forma uniforme para lograr un acabado lo más nivelado posible, sin zonas excesivamente hundidas, para lo que se recurrirá a algún tipo de calzo que proporcione la profundidad deseada.

Proceso de reparación del sellado: Dentro de las razones más habituales para la renovación o sustitución de los perfiles de junta prefabricados, se encuentran el haber alcanzado el final de su vida útil, defectos en el contacto con los paneles por una mala colocación o bien una fijación incorrecta, movimientos excesivos entre paneles contiguos, rotura por impactos fortuitos, o degradación química.

El proceso de sustitución será muy sencillo, bastando con la extracción de la pieza dañada de forma manual o haciendo uso de algún instrumento que facilite la sujeción, debiendo en todo caso ser sustituida por un nuevo perfil capaz de satisfacer las nuevas exigencias dimensionales o de forma determinadas por los labios de los paneles.

En el caso de utilización de algún tipo de adhesivo para la sujeción del perfil, generalmente en el caso de los de goma, podrá ser necesario recurrir al corte con medios mecánicos, con lo que siempre quedará algún resto material en la junta. El nuevo adhesivo a emplear para disponer el perfil de sustitución debe ser químicamente compatible con dichos restos.

Referencia de barrera contra la penetración de agua JOINT.



P 71 Vertical joint:

Mechanic sealing system of vertical joints of prefabricated front panels. This type of open joint guarantees watertight and eliminates condensation.

P 71 jointing system consists of 3 elements:

- 2 channel shapes incorporated in panels at the prefabrication stage (as guide).
- 1 linking key placed in position on the building site during fixing panels (as proof screen).
- This system eliminates use of sealant during Works, and it is not necessary to assemble external scaffolds.

SPECIAL PROPERTIES. Rigid special PVC, resistant and stable at 70°C.

Rapid installation with wide tolerance. Four types of standard keys for joints from 0 to 55mm wide and laying possibility with flatness errors until 10mm.

5.3.3.- Barrera contra la penetración de agua.

- Junta abierta de un sellado. Ancho medio.

El cometido de este tipo de barreras será bloquear el avance del agua procedente del exterior a través de la junta abierta. Este bloqueo se produce antes de la cámara de descompresión definida entre los paneles, con lo que se permite la expulsión sin mayores dificultades.

Existen soluciones de barrera verticales y horizontales, siendo las primeras de más difícil ejecución. En cualquiera de los dos casos deben ser capaces de acompañar los movimientos del conjunto sin sufrir tensiones que puedan llevar a la rotura. Las barreras verticales podrán ir dispuestas en la cámara de equalización o en entalladuras realizadas en los cantos para tal efecto, pero en cualquier caso no podrá haber grasas, polvo, o restos de partículas más o menos gruesas que puedan degradar la lámina o bien entorpecer el mantenimiento de su posición.

Será posible incluir en el diseño del panel, en el caso de ser de conglomerados como el hormigón o GRC, unos perfiles guía de PVC en los cantos, obteniéndose un mayor grado de especialización. Se deberá recurrir o bien a la fabricación del panel con estas guías dispuestas de forma específica, o a alguna casa comercial que ofrezca dicha posibilidad como producto ya terminado dentro de su catálogo, en cuyo caso las posibilidades de acabado o calidad visual del panel se encuentran enormemente condicionadas.

En cuanto a las barreras horizontales, constarán igualmente de un perfil de PVC embebido en la cabeza de los

paneles, así como una lengüeta en L que posibilita la recogida y expulsión de las filtraciones puntuales que pudieran darse. En este último caso será posible obtener también cierto grado de sellado contra el paso del aire, ya que en el brazo superior una plegadura permite el confinamiento por la presión ejercida por el peso del panel inmediatamente superior.

Al igual que en la junta vertical, será necesario que el canal se encuentre libre de grasas y polvo, y de la misma forma, se incrementa la diferencia de elaboración en el panel notablemente a no ser que se trate de un producto de catálogo, obligando a recurrir a una solución constructiva cerrada.

La geometría de las barreras, sean del tipo que sean, variará en función del espesor de junta y de los movimientos previstos, de modo que será fundamental conocer las exigencias a las que se verá sometida así como los márgenes dimensionales con los que se prevé trabajar y por tanto elaborar la junta.

El material de elaboración tanto de las barreras como de los perfiles guía será el PVC rígido, con una muy alta resistencia a las altas temperaturas, manteniéndose estable hasta los 70°C. Entre las principales ventajas se encuentra la velocidad de ejecución en obra, aunque este aspecto se ve penalizado por lo laborioso de la colocación de los canales en los moldes, de ser esta la opción elegida, tomando múltiples medidas para evitar que se generen entradas de material no deseado en su interior.

Proceso de colocación de la barrera: Tanto si los paneles disponen de los canales guía, como si presentan entalladuras en el desarrollo vertical de sus cantos, o la barrera va inserta en la cámara de eualización de presiones, se procederá a su inspección y limpieza previa de ser necesario, haciendo uso de un cepillo de dureza media, eliminando los restos de partículas sueltas que pudieran existir. Si presentan restos de grasas, estas serán eliminadas por medio de algún producto de limpieza específico.

Una vez dispuestos los paneles y fijados en su posición definitiva, se introducirá desde la cara superior y a través de las entalladuras o canales la barrera de PVC, y se fijará de ser preciso mediante unos clips de retención en la cabeza. Una vez efectuado este paso, se instalará la barrera horizontal. Igualmente se inserta una de las lengüetas en el canal o rebaje horizontal, quedando perfectamente sellado el conjunto por efecto de la presión al colocar el panel superior.

En este caso, la barrera horizontal será continua y las verticales discontinuas, pero existe la posibilidad opuesta. Si las barreras verticales se hacen continuas, por recurrir a un sistema diferente en el encuentro horizontal, las cabezas de las barreras verticales deberán ser selladas allí donde solapan.

Proceso de reparación de la barrera: La razón más habitual para la reparación de una barrera de estas características será la detección de algún defecto derivado de una mala colocación durante los trabajos de construcción de la fachada, y únicamente será detectado si esta se somete a ensayos de estanqueidad. En estos casos, será necesario levantar los paneles superiores a la pieza afectada, para posibilitar de este modo el acceso a la misma. Una de los escenarios posibles sería un mal sellado de continuidad entre barreras consecutivas en junta vertical continua, con resultado de un deslizamiento de la lámina de PVC a través del canal, dejando con ello un resquicio a la entrada del agua.

Los daños por envejecimiento del material difícilmente serán detectables al estar ocultos, y aun siéndolo, el proceso de sustitución sería costoso y traumático para la propiedad. La mejor forma de prevenir esta situación, será el empleo de materiales con altas garantías de respuesta efectiva a largo plazo.

Decompression chamber ensures joint ventilation. Resistant to U.V. rays.

INSTALLATION INSTRUCTIONS.

- CNO canal installation on metal moulds with overtuning lateral body sides.

Mark the centre-line positioning the CON p71 channel.

Mark the position of holes to allow canal fixing pins through.

Holes are drilled of 2.5mm diameter.

Pins are designed for sheet metal 4 to 6mm thick. For moulds more than 6mm thick use a reduction bushing.

Place pins in holes provided, so that they are positioned in the first notch.

Push the pins home by hand.

Place the plug in position at each end of the CNO canal to avoid concrete infiltration.

- Stricking of mould.

Remove the sides of the mould and break the projecting parts of pins.

Remove the CNO canal red strip, verify that no impurities are there, so CNO canal is ready to receive key profile.

- Installation on building side.

The joint is closed by means of a key which slides into the upper end of the channels (before the panels are finally anchored in position) with the point of the V inwards.

ACCESORIES.

- Retaining clips:

To prevent the connecting key from slipping, a retaining clip should be attached to the end of the canal.

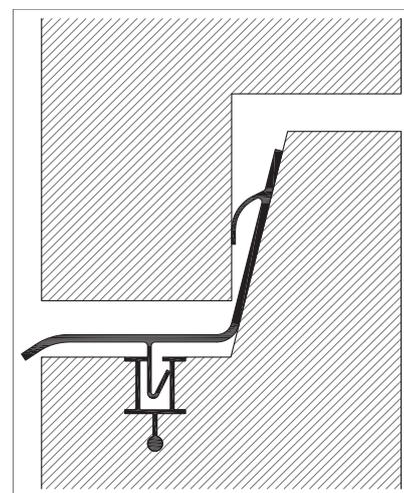
- Eamtpont:

Waterproof seal. It is used when panel upstand is less than 7cm.

- Comprimousse:

Cellular seal impregnated with resins or bitumen. It is used when panel upstand is more than 7cm.

Referencia de barrera contra la penetración de agua JOINT.



HR 50 horizontal joint:

Mechanic sealing system of horizontal joint of prefabricated

front panels (particularly fit for sandwich panel sor with thin thickness).

This joint guarantees watertight, and with its particular section which recreates panel upstand, allows insulating material continuity, removing thermic bridge and condensation.

HR 50 jointing system consists of 2 elements:

- 1 CNOH canal shape incorporated in panels at the prefabrication stage (as guide).
- 1 HR 50 linking key placed in position on the building site during fixing panels (as proof screen).

This system eliminates use of sealants during Works, and it is not necessary to assemble external scaffolds.

SPECIAL PROPERTIES. Rigid special PVC, resistant and stable at 70°C. Resistant to U.V. rays.

Horizontal an corner linking pieces are made of Neoprene.

INSTALLATION INSTRUCTIONS. Remove CNOH canal flexible yellow strip, verify that no impurities are there, so canal is ready to receive HR 50 linking key.

HR 50 linking key is clipped into the canal.

In horizontal jointing of HR 50 linking key is used an horizontal linking piece (20cm long) paying attention that the edge of profile could be hold in linking piece folding.

En cuanto a la barrera horizontal, por efecto de una mayor exposición a los agentes externos puede verse afectada en mayor medida, y de igual modo, por hallarse próxima a la cara exterior de la hoja será fácil de inspeccionar. La sustitución pasará por remover de su posición los paneles inmediatamente superiores, y en caso de que esta barrera presente continuidad, se deberá respetar sustituyendo la porción dañada y sellando el remanente con el parche dispuesto.

5.3.4.- Sellado grueso.

- Mortero o grout.

El recurso a soluciones de este tipo supone la contraposición de dos procesos constructivos diferenciados como son la prefabricación y la ejecución in situ, algo que desde el presente trabajo se rechaza de plano pero que debe ser comentado. Asimismo, conlleva el desaprovechamiento de las ventajas asociadas a la prefabricación, si bien asegura el poder resolver el conjunto de hoja interna de un modo unitario.

No será, por otra parte, aplicable a todos los modelos de panel, dependiendo por entero de su material de constitución. Hormigón armado, cerámica, o GRC estarán dentro de los posibles dentro de la totalidad de materiales existentes en la solución de paneles arquitectónicos de fachada, pero siempre bajo el condicionante de presentar una rugosidad adecuada para asegurar la adherencia entre estratos, así como permitir la humectación sin llegar al encharcamiento, de modo que evite la absorción del agua de constitución del mortero o grout, en cuyo caso se producirían deficiencias en la impermeabilidad de la junta.

El material de junta deberá permitir unos mínimos movimientos de dilatación y contracción, por lo que será esencial que presente cierta elasticidad. Se deben considerar los anchos de junta por exigencias de colocación conjuntamente con los gruesos óptimos de aplicación del material, estando limitado en cada caso según el grueso óptimo prescrito por la casa suministradora.

Los bordes de los paneles deberán estar limpios, sanos, exentos de zonas huecas no previstas, grasas, aceites, o lechadas superficiales. Los elementos metálicos, por su parte, no deberán presentar capas de óxido que puedan poner en riesgo la adherencia. La limpieza del elemento se llevará a cabo, de ser necesario, por medios mecánicos.

El mezclado de los componentes se realizará preferiblemente con batidora eléctrica de baja velocidad debido a la necesidad de aprovechar dentro de lo posible los tiempos de incremento de volumen en los morteros expansivos, unos 10 minutos desde el mezclado, aunque deberá reposar brevemente para eliminar las burbujas que pudiera contener si es de consistencia muy fluida. Para este proceso se utilizará un recipiente de tamaño adecuado, con boca y fondo anchos para facilitar tanto el vertido como el acceso con paleta.

Un aspecto a tener muy en cuenta durante las fases de trabajo con estos materiales será la temperatura ambiente, así como las condiciones atmosféricas, en especial en lo referente a la incidencia de lluvia o sol directo, para lo que deben consultarse las prescripciones de cada fabricante.

Condiciones de sellado especiales: En términos generales, el comportamiento frente al fuego de los morteros empleados para el sellado grueso será bueno, ofreciendo una respuesta adecuada a los tiempos definidos en la norma, más aun considerando el buen comportamiento de los paneles de hormigón, GRC, y cerámica.

En estancias susceptibles de padecer una mayor carga de fuego por contener material combustible de alto aporte calorífico o bien de riesgo especial como salas de máquinas o similares, donde las elevadas cargas de fuego puedan someter a la hoja interna a exigencias más difícilmente asumibles, utilizar morteros refractarios en combinación con paneles cerámicos, también refractarios, ofrecerá una respuesta óptima.

Proceso de aplicación del sellado: Según la consistencia que presente la mezcla existirán dos procesos de aplicación. Si se trata de consistencia fluida, el mortero o grout serán aplicados por vertido, lo que lo configura como la solución ideal para juntas verticales con canal en su grueso medio. Si por el contrario presenta una consistencia plástica que permita una aplicación manual por paleta, permitirá el sellado horizontal y vertical, incluso en cantos planos.

La aplicación de morteros, al tratar con materiales inconsistentes y de difícil puesta en obra, será más susceptible de generar defectos de acabado como ensuciamientos, más aun si son de fraguado rápido, en cuyo caso sería necesaria alguna agresión de tipo mecánico para su eliminación.

La aplicación por vertido requerirá del sellado longitudinal de la junta para evitar el derrame de la masa, tras la cual se efectúa el vertido lo más rápido posible. Para separaciones mayores a 3cm se puede confeccionar un micro-hormigón agregando a la masa árido fino, de entre 3mm y 10mm, en las proporciones indicadas por la casa suministradora.

Para la realización de la mezcla, de no venir ya preparada para el vertido, se añadirá en la mezcladora eléctrica entre un 13% y un 15% de agua de amasado, en función de la consistencia deseada, siendo la más habitual el 14% como término medio. El ancho de junta mínimo serán 10mm.

La aplicación con paleta o llana dentada, por el contrario, no requerirá de la contención en el exterior de la junta, pero el control de los espesores de mortero y la separación entre paneles será más complicada, exigiendo del operario una mayor destreza.

Si se producen rebabas, el material sobrante será eliminado mientras no se inicie el fraguado, y en cualquier caso se protegerán los bordes que vayan a quedar vistos disponiendo cinta adhesiva. El material sobrante será retirado del encuentro definiendo un pequeño rehundido uniforme a lo largo de la junta.

Proceso de reparación del sellado: La detección de incidencias durante los primeros instantes tras la colocación del panel con el mortero no revestirá la mayor importancia en tanto que será fácilmente subsanable la recolocación. Esto cambia en el caso de morteros fluidos aplicados por vertido. Si aún no han iniciado el endurecimiento, el material deberá ser drenado desde una posición superior, lo que no siempre resultará sencillo, debiendo disponerse de la maquinaria adecuada. Si por el contrario ha iniciado el fraguado, bastará con el levantamiento del panel y eliminación manual del material.

En cualquier caso, se deberá ejercer una fuerza notable para mover la pieza debido a la capacidad de adhesión que ya generan los morteros en sus primeros estadios de endurecimiento.

Por el contrario, un error en el sellado detectado tardíamente, no será reparable de forma económica ni poco traumática en ningún caso, debiendo recurrir casi como única opción a la inyección desde las caras internas o al sellado superficial del encuentro con bandas adhesivas, aún a costa en muchos casos de la función estética.

Referencia de productos de sellado grueso SIKA.

SikaGrout-295:

Mortero monocomponente de retracción compensada y ligeramente expansivo, a base de cemento y resistencias mecánicas muy elevadas, indicado para zonas en las que se requieren elevadas resistencias mecánicas iniciales y finales. Exento de cloruros y partículas metálicas, no se oxida en contacto con la humedad, protegiendo las partes metálicas contra la corrosión por su pH básico. Excelente adherencia a hormigón, mortero o acero, proporcionando una unión monolítica, con buena resistencia a los golpes y vibraciones. Resistente al agua y aceites, no es corrosivo ni tóxico. No debe emplearse en espacios sin confinar.

Densidad:	2.3 Kg/L
Granulometría:	0-3mm
Espesor de capa:	10-30mm Min-Max
Expansión 24h:	3% Max
Agua de amasado:	11% en peso
Resist. a compresión:	70.5 N/mm ² (24h) 84.5 N/mm ² (28d)
Resist. a flexotracción:	06.3 N/mm ² (24h) 10.1 N/mm ² (28d)
Temp. de aplicación:	+5°C/+30°C

SikaGrout-213:

Mortero monocomponente, fluido, ligeramente expansivo y de retracción compensada, a base de cemento. Altas resistencias mecánicas con rápido desarrollo de las mismas. Exento de cloruros y partículas metálicas, no se oxida en contacto con la humedad, protegiendo las partes metálicas contra la corrosión por su pH básico. Excelente adherencia a hormigón, mortero o acero, proporcionando una unión monolítica, con buena resistencia a los golpes y vibraciones. Resistente al agua y aceites, no es corrosivo ni tóxico. No debe emplearse en espacios sin confinar.

Densidad:	2.3 Kg/L
Granulometría:	0-3mm
Espesor de capa:	10-30mm Min-Max
Expansión 24h:	3% Max
Agua de amasado:	13% en peso
Resist. a compresión:	42.6 N/mm ² (24h) 63.8 N/mm ² (28d)
Resist. a flexotracción:	05.0 N/mm ² (24h) 08.0 N/mm ² (28d)
Temp. de aplicación:	+5°C/+35°C

Referencia de productos de sellado grueso SIKA.**Sika Boom-S:**

Espuma expansiva monocomponente a base de poliuretano. Se utiliza como espuma de fijación, relleno, y aislamiento frente a ruidos, frío, y corrientes de aire. Como relleno y aislante en juntas alrededor de marcos de ventanas y puertas, pasatubos, huecos para sistemas de aire acondicionado, y tambores de persiana.

Presenta buena facilidad de aplicación incluso a bajas temperaturas, curado rápido, alto grado de expansión, y buena resistencia al envejecimiento.

Absorción de agua:	0.3% del volumen
Temperatura de servicio:	-40°C/+80°C
Resist. a compresión:	0.05 N/mm ²
Resist. a cortante:	0.08 N/mm ²
Resist. a tracción:	0.18 N/mm ²
Alargamiento a rotura:	30% (+23°C)
Temp. de aplicación:	-10°C/+25°C
Vida de la mezcla:	10-15 min
Formación de película:	10-15 min
Curado total:	12h

Sika Mastic:

Sellador de juntas y adhesivo multiusos, en base de poliuretano monocomponente, que cura por la humedad ambiental. Apto para aplicaciones de interior y exterior.

Se emplea como sellador de juntas verticales y horizontales con posibilidad de movimiento bajo a medio. Es adecuado para el sellado de particiones, juntas en pavimentos, sellado de tejas, sellado de piezas de hormigón prefabricado, sellado de grietas y fisuras, etc. Puede ser utilizado como adhesivo de poliuretano multiusos de prestaciones medias, para la fijación de peldaños de escaleras, rodapiés, cubrejuntas, etc.

Densidad:	1.65 Kg/L
Formación de piel:	60 min
Velocidad de curado:	3mm/24h
Ancho de junta:	10-20mm Min-Max
Temp. de servicio:	-40°C/+70°C
Resist. al desgarre:	8.00 N/mm ²
Módulo elástico:	0.80 N/mm ² (+23°C)
Recuperación elástica:	>60% (+23°C)
Alargamiento de rotura:	500% a los 28d

Referencia de productos de sellado contra el fuego SIKA.**Sika Firestop Mástic:**

Mástic de silicona neutra monocomponente para el sellado de juntas. Realización de juntas horizontales y verticales con movimiento moderado, permitiendo el incremento de la separación entre paneles hasta un 20%.

La polimerización se produce bajo la acción de la humedad ambiente. Presenta una excelente capacidad de adherencia hormigones y morteros de todo tipo sin necesidad de imprimaciones previas, así como una alta elasticidad.

○ Mástic y espuma de sellado.

En encuentros de paneles de cantos planos, compuestos por materiales poco adecuados para el uso de morteros como la madera, el sellado grueso puede efectuarse igualmente recurriendo a combinaciones de materiales con una buena respuesta colaborativa. Al igual que el caso anterior, esta solución supone la contraposición de la prefabricación y la ejecución in situ, pero a diferencia de este, no habrá ligantes basados en el uso del agua, sino que se recurre a mástics y espumas expansivas, cuyo endurecimiento depende de los procesos de polimerización.

El sistema se basará en un material interno a la junta, que actúa como relleno deformable y presenta buena adherencia al soporte, seguido de un doble sellado en las dos caras exteriores que asegura la impermeabilidad al aire y agua. Será necesario calcular el ancho de junta preciso considerando los coeficientes de dilatación de los paneles, su dimensión, la temperatura diferencial a la que van a trabajar, y el tipo de sellador que se va a utilizar, y al igual que se controla el ancho de junta, se debe controlar la profundidad, debiendo ser esta la mitad de la primera como norma.

La utilización de una espuma expansiva aplicada in situ como relleno para regular la profundidad de sellado favorece a su vez la conexión estructural entre paneles, al generar una unión por adherencia. Como material de relleno, se debe controlar muy bien su expansión final (1,5x o 2,0x) dentro de la junta, por lo que limitar la cantidad aplicada y el ancho dispuesto será esencial. Con esto se consigue un curado con forma semicircular en el remate del material en el interior del encuentro, que favorecerá los movimientos del mástic.

Se podrá efectuar el llenado de la junta con la espuma con posterior retirada de material sobrante hasta la profundidad deseada, o bien emplear una plancha preformada de cantos redondeados que será adecuadamente adherida en sus caras, lo que si bien no genera una conexión y transmisión de tensiones tan efectiva entre paneles contiguos en la junta gruesa, actúa en favor de la prefabricación como componente plenamente terminado previa disposición en obra.

Con anterioridad a la aplicación de la espuma y el mástic, se debe asegurar que el canto del panel se encuentra limpio y seco, sea homogéneo, y esté libre de partículas sueltas, polvo o grasas. Se debe eliminar cualquier resto de pintura, lechada superficial y otros remanentes de cualquier recubrimiento susceptibles de entorpecer la adherencia superficial.

Condiciones de sellado especiales: Las soluciones de sellado enfocadas a la resistencia frente acciones de fuego y generación de barrera contra el humo son similares a las ya mencionadas con selladores de base de silicona. Los mástics resistentes al fuego, al igual que estos, serán capaces de mantener su integridad al presentar una alta estabilidad frente a las llamas, así como mediante la posibilidad de la alteración en su estructura interna, generando una barrera de protección capaz de mantener la llama alejada.

Proceso de aplicación del sellado: Se diferencian dos fases relativas al material constituyente del sellado dentro de la solución general.

La primera fase será la relativa a la aplicación de la espuma expansiva o perfil de poliuretano o polietileno. Tras comprobar que los cantos sean homogéneos y estén limpios, exentos de partículas sueltas, polvo, grasa, pintura u otros remanentes derivados de algún recubrimiento, se procederá a la humectación con agua limpia para asegurar el curado óptimo de la espuma y prevenir expansiones secundarias. En el caso de emplear perfiles o planchas preformadas, este paso no será estrictamente necesario, no siendo que se encuentre entre los

requerimientos de promoción de adherencia para los adhesivos a utilizar.

Una vez dispuesto el producto para su puesta en obra, de acuerdo con las instrucciones del fabricante, se procederá a su aplicación en los cantos de los paneles. Para un correcto curado, se deberá controlar de forma minuciosa la temperatura del producto, que deberá estar generalmente entre los 5°C y los 25°C, siendo la máxima trabajabilidad la conseguida a 20°C.

La espuma podrá ser introducida en la junta por medio de dos procesos diferentes, partiendo en todo caso de que los paneles se presenten ya colocados y con sus separaciones reguladas antes de iniciar cualquier fase de sellado.

La primera opción será la aplicación desde la zona superior. Para ello se colocarán unas planchas o topes en todo el desarrollo longitudinal de la junta que limiten el ancho del canal de espuma, considerando en cualquier caso la capacidad de expansión de esta. Una vez establecida la contención en los bordes, se inyectará la masa haciendo uso de una cánula, iniciando el vertido desde abajo hacia arriba progresivamente y sin dejar zonas huecas. Este proceso será adecuado para paneles no excesivamente largos, así como para las juntas horizontales.

Tras esta fase se extraen las guías, permitiendo con ello la expansión libre de la espuma, definiendo con su secado y endurecimiento el tope para la inserción del mástic.

Una segunda opción más recomendable será aplicar la espuma desde una de las caras de los paneles, sin límite definido, con posterior retirada de producto sobrante hasta la profundidad necesaria, haciendo para ello uso de una espátula o similar. Este proceso se deberá hacer antes del inicio del proceso de expansión y endurecimiento, asegurando así que el material restante expande hasta rellenar la profundidad prevista y forma una superficie redondeada y dura, generando así el fondo de junta del mástic.

En el caso de que se prevea la colocación y sellado de los paneles en progresión horizontal, la mejor opción para establecer el grueso de espuma será recurrir a planchas preformadas adheridas en los cantos. Esto permite plantear previamente de forma cómoda el ancho de junta, así como la profundidad de mástic en relación a este. Para ello se aplicará un adhesivo compatible sobre las dos partes, y transcurridos unos minutos se presentará el perfil de poliuretano o polietileno de forma centrada en el canto del panel. Tras esto, se repetirá el proceso sobre el canto del siguiente panel de hoja interior y la cara libre de la plancha, asegurando que se ejerza la presión suficiente para mantenerla asegurada en su posición.

La segunda fase consistirá en la aplicación del mástic. Este debe poseer un grado de elasticidad y plasticidad muy equilibrado, siendo así capaz de disipar, en la medida de lo posible, los esfuerzos de tracción y compresión a los que se vean sometidos los elementos que componen la junta.

En primer lugar se eliminará cualquier resto de productos usados con anterioridad en la junta, y seguidamente se protegerán los bordes exteriores del encuentro con cinta adhesiva, de cara a obtener el mejor acabado posible a través de un adecuado perfilado de la masilla. Se aplicará una imprimación localizada en los labios de la junta con pincel o brocha, únicamente en caso de que el material de base por deficiencias en la capacidad de adherencia así lo pueda requerir.

El mástic se aplicará sobre la imprimación todavía fresca, y será debidamente allanado retirando cualquier exceso de material, generando con ello un ligero rehundido. Las cintas delimitadoras serán retiradas mientras la masilla no haya endurecido.

Densidad:	1.40 Kg/L
Formación de piel:	45 min
Velocidad de curado:	3mm/24h
Ancho de junta:	20-40mm Min-Max
Temp. de servicio:	-50°C/+150°C
Resist. al desgarre:	8.00 N/mm ²
Módulo elástico:	0.40 N/mm (+23°C)
Recuperación elástica:	>70% (+23°C)
Alargamiento de rotura:	400% a los 28d

Proceso de reparación del sellado: Los problemas asociados a la detección y corrección de deficiencias en el sellado durante los tiempos de curado, tanto de la espuma intermedia aplicada in situ, el adhesivo de recurrir a perfiles preformados, o de los sellados con mástic externos, será homóloga a la comentada para los sellados gruesos con morteros, sin embargo, a diferencia de estos, una detección tardía puede ser más fácilmente subsanable.

La menor dureza de estos materiales, así como la existencia de productos químicos destinados a su eliminación facilita en gran medida cualquier intervención tardía para la reparación de la junta, no siendo la agresión mecánica el único medio para eliminar los restos remanentes, si bien la dificultad de detección del problema será igualmente una constante una vez la obra está plenamente terminada.

Esta mayor facilidad permite el aprovechamiento de los paneles ya existentes una vez eliminado el material de junta defectuoso adherido en sus cantos, pudiendo ser este repuesto, o bien se podrá aplicar un nuevo sistema de sellado suplementario manteniendo el defectuoso, simplificando con ello el proceso a costa del sacrificio del acabado.

Referencia de productos de sellado MAPEBAND.

Mapeband TPE:

Banda de Poliolefinas Elastoméricas Termoplásticas de 17 o 32.5 cm de ancho, con un espesor de 1.2 mm y reforzada a cada lado con un tejido no tejido de poliéster.

Debe colocarse en obra encolado con adhesivo epoxídico bicomponente tixotrópico de baja viscosidad o con un mortero cementoso bicomponente elástico.

Mapeband TPE puede ser soldado en frío mediante la utilización de adhesivos de contacto. Estas operaciones permiten realizar ágilmente los solapes entre bandas o las uniones de las piezas especiales con la banda.

La banda conserva permanentemente su elasticidad y deformabilidad, incluso a bajas temperaturas, así como resiste el envejecimiento incluso si está expuesto a los agentes atmosféricos y a los rayos UV.

Gracias a su composición, posee una óptima resistencia a los álcalis, al betún, a la lejía diluida, a las soluciones ligeramente ácidas, y a las salinas.

No se debe utilizar en caso de estar en contacto con aceites minerales, gasolina y disolventes fuertes como acetona, éster, o hidrocarburos.

No se debe colocar sobre superficies que no se encuentren limpias, secas, o no sean consistentes.

Carga de rotura:	>4.5 N/mm ²
Elongación de rotura:	>650%
Resist. a UV:	>5000h
Clase inflamabilidad:	B2
Impermeabilidad:	<0.6 N7mm ²
Resist. al vapor:	30000μ
Temp. de servicio:	-20°C/+80°C
Elongación máxima:	05 mm (TPE 170) 10 mm (TPE 325)
Ancho de junta:	050 mm (TPE 170) 156 mm (TPE 325)

5.3.5.- Sellado de superficie.

Planteado anteriormente como un sistema de reparación de sellados defectuosos, el sellado de las juntas desde la cara externa de la hoja interior de la fachada ventilada permite obtener buenos resultados de forma rápida y sencilla, no requiriendo de una gran pericia por parte del operario encargado. Permite ajustar los paneles con la máxima corrección con anterioridad al sellado, si bien esta barrera se constituye, al igual que en otros casos, como el último impedimento al paso del aire y el agua, con lo que su fallo pondrá en peligro la efectividad de todo el sistema. Se debe cuidar en gran medida, por este motivo, la posibilidad de perforaciones accidentales en la cinta de sellado.

Se podrá recurrir por lo general a bandas de caucho butílico autoadherente, con una protección en su cara exterior de aluminio no tejido, o bien a bandas de polifelinas elastoméricas termoplásticas fijadas con adhesivos epoxídicos bicomponente tixotrópicos de baja viscosidad o morteros cementosos bicomponente elásticos. Al igual que en los casos anteriores, será fundamental conocer los posibles movimientos de los componentes de hoja interior para limitar a través del diseño que se puedan producir tensiones inadmisibles que lleven a la rotura de la banda, considerando en todo caso la capacidad elástica que pueda tener, siendo capaz de asumir cierto grado de deformación.

Este sistema de sellado permite gran libertad de dimensión en la junta, al no ser necesario limitar separaciones entre paneles por efecto de profundidades máximas de sellado con mástics o siliconas, aunque sí exige que las caras de los paneles prefabricados allí donde se vaya disponer la cinta, estén libres de grasas y polvo, así como que presenten una superficie suficientemente lisa y regular para asegurar un contacto uniforme, careciendo de importancia en el caso de los cantos, que pueda haber fallos de homogeneidad, polvo o grasas.

No será necesario aplicar ningún promotor de adherencia sobre los bordes a sellar más allá del caso de las bandas elastoméricas termoplásticas mencionado. Este sistema será aplicable con casi total independencia del material del soporte, si bien será ideal en el caso de soluciones de hoja interior a base de paneles de hormigón armado.

Condiciones de sellado especiales: La colocación de las bandas o cintas por la cara exterior impide que pueda funcionar como sistema de contención de fuego y humo, por lo que se deberá recurrir a sistemas complementarios. Una opción será un acabado interior que mantenga alejada la acción del fuego de la junta, o bien, preferiblemente, la disposición de cordones intumescentes en el interior de esta si lo que se pretende es dejar los paneles vistos.

Proceso de aplicación del sellado: La preparación de las superficies sobre las que se vayan a adherir las bandas de sellado pasará por la eliminación de cualquier resto de aceites, grasas, barnices, polvo, o áreas en fase de desprendimiento. En este último caso, será conveniente su reposición de ser esta posible, o bien la sustitución del panel si no fuese posible.

Cualquier pintura o revestimiento deberá ser eliminado mediante chorreo de arena o lijado. Esta última operación será fundamental en el caso de superficies que hayan sido tratadas con resinas de poliéster, epoxídicas, poliuretánicas, o sean de material vítreo. Si se pretende aplicar la banda sobre materiales metálicos, será necesario eliminar los posibles restos de óxido, pintura, grasa, etc, con los mencionados sistemas, y en cualquier caso, si se utilizase agua para alguna de las labores de limpieza, se deberá esperar al secado total antes de colocar la banda.

Tras este proceso, si se ha optado por las bandas de butilo preformadas, estas podrán ser colocadas directamente en su posición definitiva, ejerciendo presión lo más uniforme posible para asegurar que su superficie genera contacto con todo el soporte. Si por el contrario el sistema seleccionado es la banda elastomérica termoplástica, el siguiente proceso será la colocación de cintas adhesivas a ambos lados de la junta, definiendo una superficie equivalente a la del sellado, sobre la que se extiende el adhesivo con una espátula lisa y grosor de 1 o 2 mm, evitando que se produzcan entradas del mismo en el interior del encuentro.

Seguidamente se coloca la banda, ejerciendo una ligera presión con un rodillo, evitando arrugamientos y eliminando las burbujas internas. Se aplica una nueva capa del material adhesivo cubriendo la banda de tejido, y nuevamente se allana con una espátula. Tras esto, se podrán retirar las cintas adhesivas de perfilado de la junta.

Proceso de reparación del sellado: Las reparaciones por errores en la ejecución del sellado, o bien deficiencias en el sistema consistirán simplemente en la eliminación de la parte dañada y su reposición sustituyéndolas por fragmentos sanos, asegurando en todo caso el sellado de los empalmes adhiriendo una banda menor sobre el encuentro.

5.3.6.- Sellado de solape.

El sellado por solape se limita casi por completo al sellado en los bordes de paneles metálicos. Se basa en la interposición de cintas butílicas autoadherentes en el encuentro, quedando estas aseguradas en su posición al ejercer presión, con lo que dicha cinta es capaz de rellenar cualquier resquicio existente.

La capacidad de adherencia de estas cintas preformadas asegura también la estanqueidad al agua y al vapor, por lo que existirá continuidad en la resistencia al paso de vapor de agua, además de garantizar la transmisión de los fenómenos vibratorios entre los soportes. Al igual que ocurría en el caso precedente, el fallo localizado en el sistema generará un fallo generalizado.

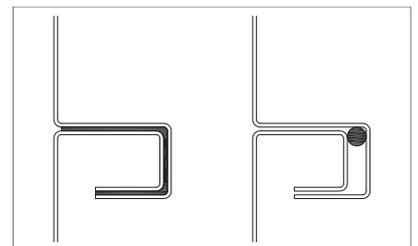
Referencia de productos de sellado HENKEL.

Terostat-81:

Cinta selladora y adhesiva multiuso laminada en base a caucho butílico. Materiales compuestos reforzados por una lámina no tejida de aluminio y otra adicional de plástico. Presenta una óptima adhesión inmediata, excelente resistencia al agua y al envejecimiento, y no presenta componentes corrosivos. No resiste la acción de los rayos UV.

Densidad:	1.3 g/cm ³
Cont. De sólidos:	100%
Temp. de aplicación:	+5°C/+40°C
Temp. de servicio:	-40°C/+80°C
Vida útil:	24 Meses
Tamaños de envase:	Rollo 10x2mm, 50m

Referencia de productos de sellado BU-TYLENE.



Preform 600:

Cinta butílica de estanqueidad por compresión y adherencia utilizada en construcción metálica. Su excelente capacidad de adherencia permite garantizar la estanqueidad al aire, al

agua, y al vapor de agua, así como la transmisión de los fenómenos vibratorios entre los soportes.

Realización de montajes flexibles, no sujetos a fuerzas mecánicas.

No será necesario aplicar ningún material promotor de adherencia, aunque las zonas de solape deberán estar limpias y secas, sin restos de grasas, polvo, partículas sueltas, pinturas, u óxido, que puedan debilitar la unión por adherencia.

Condiciones de sellado especiales: Será necesario en todo caso recurrir a un trasdosado resistente al fuego, dado que tanto el sistema de sellado como el soporte base no serán capaces de mantener su integridad en una situación de incendio durante los tiempos determinados por la norma.

Proceso de aplicación del sellado: La aplicación de las bandas de sellado será homóloga a la anteriormente expuesta, si bien en el caso del sellado de paneles o bandejas metálicas, los requerimientos de presentación en el lugar de adhesión son mucho mayores, debiendo efectuarse de la forma más precisa, dado que una vez se encuentran dispuestas, el despegado es casi imposible, derivando por lo general en la destrucción del material y en una alteración en la geometría de la bandeja irreversible.

Una vez dispuesta, se procederá a la aplicación de presión en el encuentro para garantizar que no queden burbujas o resquicios sin sellar.

Proceso de reparación del sellado: Dada la complejidad que supone la separación de las piezas adheridas con bandas de caucho butílico a temperatura ambiente, una de las opciones más fiables y que menores complicaciones supone de cara a la dificultad en los trabajos, será el refuerzo desde la superficie exterior. Para ello, se limpiará de forma efectiva el área en torno al encuentro, eliminando grasas, polvo, y restos de pintura, óxido o barniz, aplicando finalmente una cinta butílica autoadhesiva y con protección exterior de aluminio. Se asegurará que no queden burbujas de ningún tipo y el contacto es uniforme pasando un rodillo por su superficie, aplicando una fuerza uniforme.

De no ser esta una opción viable por incompatibilidad geométrica, la única posibilidad será la realización de un cordón de sellado con silicona o mástic, adaptándolo a la geometría existente, y siempre que no exista riesgo de incompatibilidad química.

Capítulo 6. EL PANEL DE HOJA INTERNA. DIMENSIONES, MATERIAL, Y RELACIÓN CON LA ESTRUCTURA.

6.1.- Dimensión del panel de hoja interna e influencia en la estanqueidad.

Las exigencias de calidad por parte del usuario final en los productos de construcción obligan a los industriales a definir y acotar las responsabilidades. El fabricante puede tener un control absoluto del producto en el momento de salida del taller, pero el control en obra es más complejo. Recurrir al incremento sistemático en la dimensión total de los paneles ayuda a contener la posibilidad de incidencias bajo mínimos, ya que al limitar la superficie de sellados se reduce el factor humano, en una situación de difícil control.

Los componentes, por tanto, tienden a ser lo más grandes posible dentro del límite que establecen las condiciones de transporte y puesta en obra, siendo en este último caso el peso del panel el factor más decisivo, limitando las opciones de izado y colocación en la posición definitiva del panel.

Minimizar el número de juntas a costa del incremento en el tamaño de los componentes no solo repercute en una menor posibilidad de fallo en el establecimiento de barrera estanca al aire y al agua, sino también en los costes de mantenimiento. Además, el sobrecoste asociado al incremento dimensional por panel, se ve ampliamente compensado en términos de superficie de fachada cerrada, derivando con toda seguridad en un ahorro significativo por m² de superficie.

Las mayores dimensiones de los paneles de hoja interna conllevan, no obstante, mayores movimientos por dilatación y contracción térmica, por lo que se deberán prever a la hora de seleccionar el modelo de sellado y el ancho de junta con los que se va a trabajar.

En cuanto a las tolerancias a asumir para posibilitar la colocación de las piezas, cuanto mayor sea el panel, mayor margen de maniobra se necesitará. Como resultado, será necesario establecer un término medio en el ancho de junta que permita la correcta colocación durante los trabajos de montaje, así como la aplicación de un sellado efectivo acorde a los movimientos previsibles.

6.2.- Material del panel de hoja interna e influencia en la estanqueidad.

El material de constitución de los paneles prefabricados juega un papel fundamental en las posibilidades de sellado, tanto en lo referente a compatibilidad con los diferentes productos de aplicación en la junta, como en cuanto a las posibilidades de conformación de los bordes.

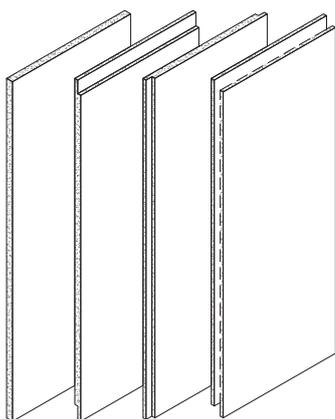
La clasificación de las diferentes soluciones de panel referidas a las posibilidades de sellado se establecerá en función del grado de homogeneidad, espesor, y grado funcional.

- Espesor:
 - [1] - Espesor Bajo.
 - [2] - Espesor Medio.
 - [3] - Espesor Elevado.
- Grado funcional:
 - [Mo] - Monofuncional.
 - [Mu] - Multifuncional.

6.2.1.-Hormigón.

- Paneles de estructura homogénea:
 - [Ho.1.Mo] Panel de hormigón de alta resistencia armado con fibras de acero.
 - [Ho.2.Mo] Panel de hormigón ligero armado con redondos de acero.
 - [Ho.3.Mu] Panel de hormigón aireado en autoclave.
- Paneles de estructura heterogénea:
 - [He.1.Mo] Panel sándwich de hormigón ligero armado con fibras de acero.
 - [He.2.Mu] Panel sándwich de hormigón ligero armado con fibras de acero.
 - [He.2.Mu] Panel nervado de hormigón de alta resistencia armado con fibras de acero.
 - [He.3.Mu] Panel aligerado de hormigón ligero armado con redondos de acero.
 - [He.3.Mu] Panel estratificado de hormigón en diferentes dosificaciones.

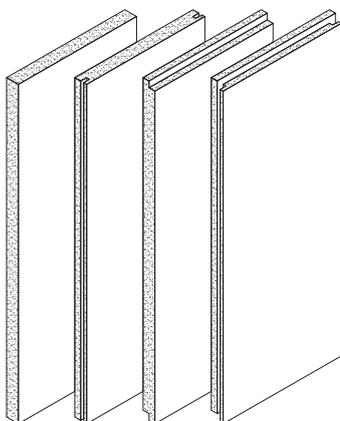
01-Hormigón. [Ho.1.Mo]



01-[Ho.1.Mo] Panel de hormigón de alta resistencia armado con fibras de acero:

Panel monofuncional de espesor bajo. Suele emplearse como panel soporte para la posterior adición de sucesivas capas especializadas hasta completar la total satisfacción de las diferentes necesidades asociadas al cerramiento. El trabajo con hormigón facilita el moldeo de soluciones especializadas y complejas, permitiendo el diseño de componentes a medida. No es recomendable la alteración en obra.

02-Hormigón. [Ho.2.Mo]

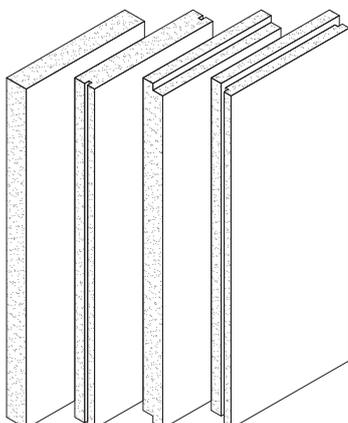


- Rango de espesor aproximado: 60mm.
- Posibilidad de continuidad en el canto: Vertical y horizontal. Opción única.
- Posibilidad de conformación en el canto: Vertical (Machihembrado) + Horizontal (Machihembrado).
- Requerimiento de trasdosado interior: Necesario.
- Opciones de resolución estanca: Junta cerrada, sellado grueso, sellado de superficie.

02-[Ho.2.Mo] Panel de hormigón ligero armado con redondos de acero:

Panel monofuncional de espesor medio. Suele emplearse como panel soporte para la posterior adición de sucesivas capas especializadas hasta completar la total satisfacción de las diferentes necesidades asociadas al cerramiento. El trabajo con hormigón facilita el moldeo de soluciones especializadas y complejas, permitiendo el diseño de componentes a medida. No es recomendable su alteración en obra.

03-Hormigón. [Ho.3.Mu]



- Rango de espesor aproximado: 120mm.
- Posibilidad de continuidad en el canto: Vertical y horizontal. Opción única.
- Posibilidad de conformación en el canto: Vertical (Cámara ranurada) + Horizontal (Machihembrado).
- Requerimiento de trasdosado interior: Opcional.
- Opciones de resolución estanca: Junta abierta, junta cerrada, sellado grueso, sellado de superficie.

03-[Ho.3.Mu] Panel de hormigón aireado en autoclave:

Panel multifuncional de espesor elevado, muy adecuado para satisfacer exigencias estructurales. No requiere de la adición de capas especializadas para la satisfacción de la función térmica del cerramiento. El trabajo con hormigón facilita el moldeo de soluciones especializadas y complejas, permitiendo el diseño de componentes a medida. Será posible la modificación en obra, debiendo respetar en todo caso los machihembrados, de existir.

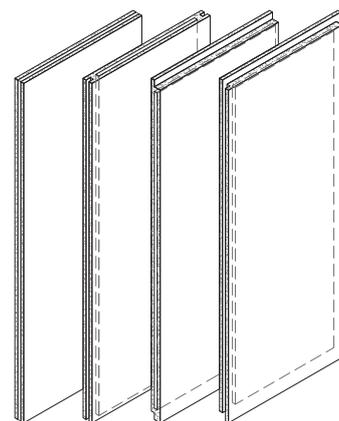
- Rango de espesor aproximado: 200mm.
- Posibilidad de continuidad en el canto: Vertical y horizontal. Opción única.
- Posibilidad de conformación en el canto: Vertical (Cámara ranurada) + Horizontal (Machihembrado).
- Requerimiento de trasdosado interior: Opcional.
- Opciones de resolución estanca: Junta abierta, junta cerrada, sellado grueso, sellado de superficie.

04-[He.1.Mo] Panel sándwich de hormigón ligero armado con fibras de acero:

Panel monofuncional de espesor bajo. La capa de poliestireno extruido permite el aligeramiento pero no satisface las necesidades de aislamiento térmico, por lo que requiere de la posterior adición de sucesivas capas especializadas hasta completar las exigencias del cerramiento. El trabajo con hormigón facilita el moldeo de soluciones especializadas, permitiendo la inserción de conectores. No es recomendable su alteración en obra.

- Rango de espesor aproximado: 90mm.
- Posibilidad de continuidad en el canto: Vertical y horizontal. Poco frecuente.
- Posibilidad de conformación en el canto: Vertical (Cámara ranurada) + Horizontal (Machihembrado).
- Requerimiento de trasdosado interior: Necesario.
- Opciones de resolución estanca:
 - Canto con continuidad: Junta abierta, junta cerrada, sellado grueso, sellado de superficie.
 - Canto sin continuidad: Junta cerrada, sellado grueso, sellado de superficie.

04-Hormigón. [He.1.Mo]

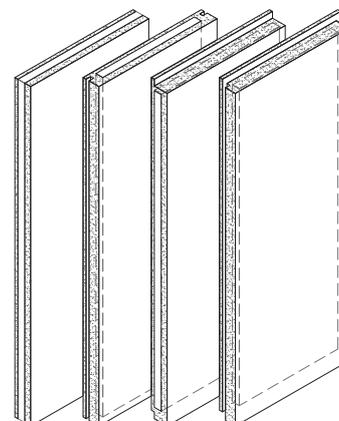


05-[He.2.Mu] Panel sándwich de hormigón ligero armado con fibras de acero:

Panel multifuncional de espesor medio. No requiere de la adición de capas especializadas para la satisfacción de la función térmica del cerramiento. El trabajo con hormigón facilita el moldeo de soluciones especializadas y complejas, permitiendo el diseño de componentes a medida, así como la inserción de conectores. No es recomendable su alteración en obra.

- Rango de espesor aproximado: 160mm.
- Posibilidad de continuidad en el canto: Vertical y horizontal. Poco frecuente.
- Posibilidad de conformación en el canto: Vertical (Cámara ranurada) + Horizontal (Machihembrado).
- Requerimiento de trasdosado interior: Necesario.
- Opciones de resolución estanca:
 - Canto con continuidad: Junta abierta, junta cerrada, sellado grueso, sellado de superficie.
 - Canto sin continuidad: Junta cerrada, sellado grueso, sellado de superficie, lámina inserta.

05-Hormigón. [He.2.Mu]

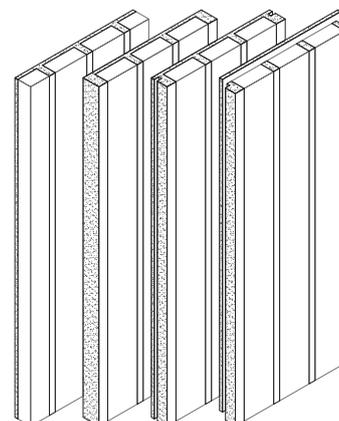


06-Hormigón. [He.2.Mu]

06-[He.2.Mu] Panel nervado de hormigón de alta resistencia armado con fibras de acero:

Panel multifuncional de espesor medio. No requiere de la adición de capas especializadas para la satisfacción de la función térmica del cerramiento, si bien presentará puentes térmicos. El trabajo con hormigón facilita el moldeo de soluciones especializadas y complejas, permitiendo el diseño de componentes a medida. Se podrá cortar en obra en el sentido longitudinal si no presenta nervios de remate en los cantos menores.

- Rango de espesor aproximado: 160mm.
- Posibilidad de continuidad en el canto: Vertical. Muy frecuente.
- Posibilidad de conformación en el canto: Vertical (Cámara ranurada) + Horizontal (Machihembrado).
- Requerimiento de trasdosado interior: Necesario.

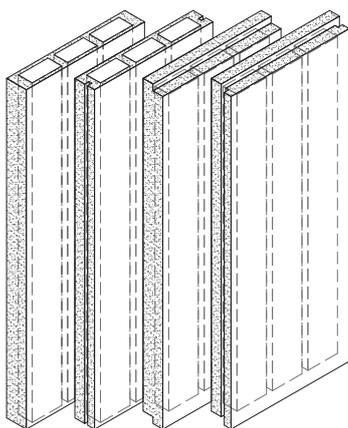


- Opciones de resolución estanca:
 - Canto con continuidad: Junta abierta, junta cerrada, sellado grueso, sellado de superficie.
 - Canto sin continuidad: Sellado de superficie.

07-[He.3.Mu] Panel aligerado de hormigón ligero armado con redondos de acero:

Panel multifuncional de espesor elevado. No requiere de la adición de capas especializadas para la satisfacción de la función térmica del cerramiento, si bien presentará puentes térmicos. El trabajo con hormigón facilita el moldeo de soluciones especializadas y complejas, permitiendo el diseño de componentes a medida. Se podrá cortar en obra en el sentido longitudinal si no presenta tapas de remate en los cantos menores.

07-Hormigón. [He.3.Mu]

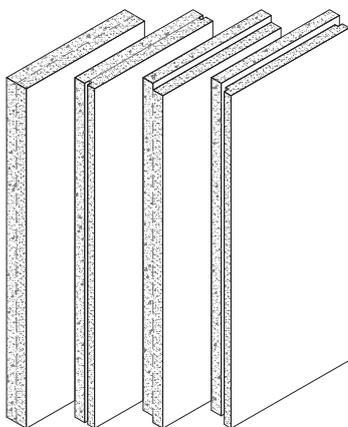


- Rango de espesor aproximado: 200mm.
- Posibilidad de continuidad en el canto: Vertical y horizontal. Frecuente vertical.
- Posibilidad de conformación en el canto: Vertical (Cámara ranurada) + Horizontal (Machihembrado).
- Requerimiento de trasdosado interior: Opcional.
- Opciones de resolución estanca:
 - Canto con continuidad: Junta abierta, junta cerrada, sellado grueso, sellado de superficie.
 - Canto sin continuidad: Junta cerrada, sellado grueso, sellado de superficie.

08-[He.3.Mu] Panel estratificado de hormigón en diferentes dosificaciones:

Panel multifuncional de espesor elevado, muy adecuado para satisfacer exigencias estructurales. No requiere de la adición de capas especializadas para la satisfacción de la función térmica del cerramiento. El trabajo con hormigón facilita el moldeo de soluciones especializadas y complejas, permitiendo el diseño de componentes a medida. Será posible la modificación en obra, debiendo respetar en todo caso los machihembrados, de existir.

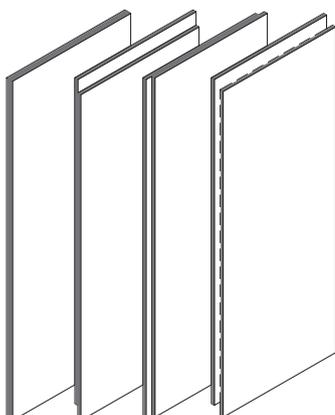
08-Hormigón. [He.3.Mu]



- Rango de espesor aproximado: 200mm.
- Posibilidad de continuidad en el canto: Vertical y horizontal. Opción única.
- Posibilidad de conformación en el canto: Vertical (Cámara ranurada) + Horizontal (Machihembrado).
- Requerimiento de trasdosado interior: Necesario.
- Opciones de resolución estanca: Junta cerrada, sellado grueso, sellado de superficie.

6.2.2.- Madera.

09-Madera. [Ho.1.Mo]



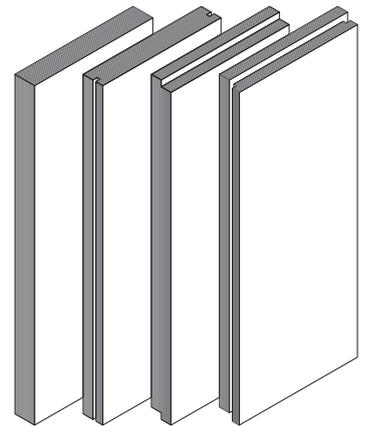
- Paneles de estructura homogénea:
 - [Ho.1.Mo] Panel de madera contrachapada.
 - [Ho.3.Mu] Panel de madera contrachapada.
- Paneles de estructura heterogénea:
 - [He.1.Mo] Panel sándwich de madera contrachapada.
 - [He.2.Mu] Panel sándwich de madera contrachapada.
 - [He.2.Mu] Panel hueco de madera aserrada.
 - [He.3.Mu] Panel nervado de madera aserrada.

09-[Ho.1.Mo] Panel de madera contrachapada:

Panel monofuncional de espesor bajo. Paneles de cantos planos que posibilitan el sellado grueso, con la posibilidad de modificación geométrica en sus testas mediante torneado mecanizado. Requiere de la adición de capas especializadas hasta completar la total satisfacción de las diferentes necesidades asociadas al cerramiento. Será posible la modificación en obra, debiendo respetar en todo caso los machihembrados, de existir.

- Rango de espesor aproximado: 60mm.
- Posibilidad de continuidad en el canto: Vertical y horizontal. Opción única.
- Posibilidad de conformación en el canto: Vertical (Machihembrado) + Horizontal (Machihembrado).
- Requerimiento de trasdosado interior: Opcional.
- Opciones de resolución estanca: Junta cerrada, sellado grueso, sellado de superficie.

10-Madera. [Ho.3.Mu]

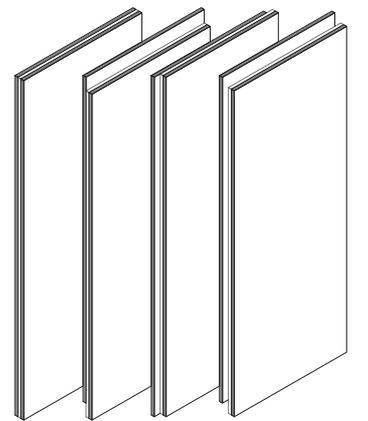


10-[Ho.3.Mu] Panel de madera contrachapada:

Panel multifuncional de espesor elevado. Panel de cantos planos o conformados que posibilitan el sellado grueso, muy adecuado para satisfacer exigencias estructurales. No requiere de la adición de capas especializadas para la satisfacción de la función térmica del cerramiento. Será posible la modificación en obra, debiendo respetar en todo caso los machihembrados, de existir.

- Rango de espesor aproximado: 200mm.
- Posibilidad de continuidad en el canto: Vertical y horizontal. Opción única.
- Posibilidad de conformación en el canto: Vertical (Cámara ranurada) + Horizontal (Machihembrado).
- Requerimiento de trasdosado interior: Opcional.
- Opciones de resolución estanca: Junta abierta, junta cerrada, sellado grueso, sellado de superficie.

11-Madera. [He.1.Mo] V.(Mach.) + H.(Machihembrado)

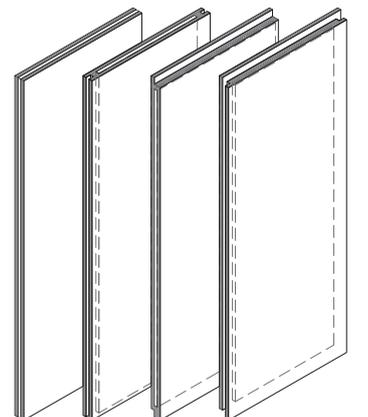


11-[He.1.Mo] Panel sándwich de madera contrachapada:

Panel monofuncional de espesor bajo. La capa de poliestireno extruido permite únicamente ganar inercia sin satisfacer las necesidades de aislamiento térmico, por lo que requiere de la posterior adición de sucesivas capas especializadas hasta completar las exigencias del cerramiento. Será posible la modificación en obra, debiendo respetar en todo caso los machihembrados, de existir.

- Rango de espesor aproximado: 90mm.
- Posibilidad de continuidad en el canto: Vertical y horizontal. Muy poco frecuente.
- Posibilidad de conformación en el canto: Vertical (Mach. / Cám. ran.) + Horizontal (Machihembrado).
- Requerimiento de trasdosado interior: Opcional.
- Opciones de resolución estanca:
 - Canto con continuidad: Junta abierta, junta cerrada, sellado grueso, sellado de superficie.
 - Canto sin continuidad: Junta cerrada, sellado grueso, sellado de superficie.

11-Madera. [He.1.Mo] V.(Cám. ran.) + H.(Machihembrado)

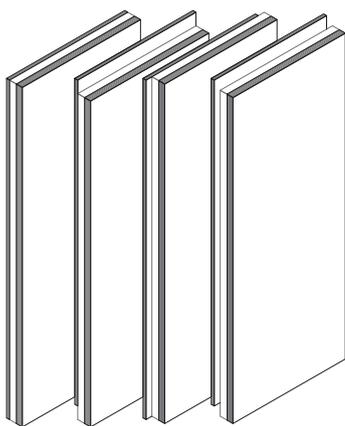


12-[He.2.Mu] Panel sándwich de madera contrachapada:

Panel multifuncional de espesor medio. No requiere de la adición de capas especializadas para la satisfacción de la función térmica del cerramiento. El grosor del panel favorece la posibilidad de soluciones complejas en los cantos, además de poder recurrir cómodamente a sellados gruesos en el caso de cantos planos. Será posible la modificación en obra, debiendo respetar en todo caso los machihembrados, de existir.

- Rango de espesor aproximado: 160mm.
- Posibilidad de continuidad en el canto: Vertical y horizontal. Muy poco frecuente.
- Posibilidad de conformación en el canto: Vertical (Mach. / Cám. ran.) + Horizontal (Machihembrado).
- Requerimiento de trasdosado interior: Opcional.
- Opciones de resolución estanca:
 - Canto con continuidad: Junta abierta, junta cerrada, sellado grueso, sellado de superficie.
 - Canto sin continuidad: Junta cerrada, sellado grueso, sellado de superficie.

12-Madera. [He.2.Mu] V.(Mach.) + H.(Machihembrado)

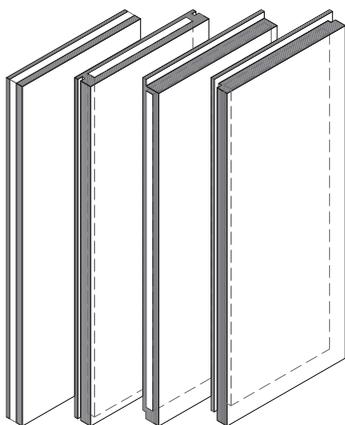


13-[He.2.Mu] Panel hueco de madera aserrada:

Panel multifuncional de espesor medio. Panel hueco con nervado interior relleno de lana de roca, con cantos planos y posibilidad de modificación geométrica en sus testas, adecuado para satisfacer exigencias estructurales. No requiere de la adición de capas especializadas para la satisfacción de la función térmica. Será posible la modificación en obra, debiendo respetar en todo caso los machihembrados, de existir.

- Rango de espesor aproximado: 160mm.
- Posibilidad de continuidad en el canto: Vertical y horizontal. Frecuente vertical.
- Posibilidad de conformación en el canto: Vertical (Cámara ranurada) + Horizontal (Machihembrado).
- Requerimiento de trasdosado interior: Opcional.
- Opciones de resolución estanca:
 - Canto con continuidad: Junta abierta, junta cerrada, sellado grueso, sellado de superficie.
 - Canto sin continuidad: Junta cerrada, sellado grueso, sellado de superficie.

12-Madera. [He.2.Mu] V.(Cám. ran.) + H.(Machihembrado)

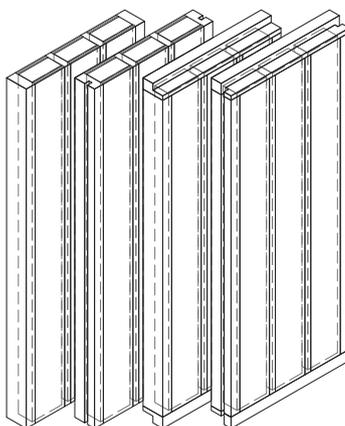


14-[He.3.Mu] Panel nervado de madera aserrada:

Panel multifuncional de espesor elevado. Panel nervado con relleno de lana de roca. No requiere de la adición de capas especializadas para la satisfacción de la función térmica del cerramiento, si bien presentará puentes térmicos. Muy adecuado para satisfacer exigencias estructurales. Será posible la modificación en obra, debiendo respetar en todo caso los machihembrados, de existir.

- Rango de espesor aproximado: 200mm.
- Posibilidad de continuidad en el canto: Vertical y horizontal. Frecuente vertical.
- Posibilidad de conformación en el canto: Vertical (Cámara ranurada) + Horizontal (Machihembrado).
- Requerimiento de trasdosado interior: Necesario.
- Opciones de resolución estanca:
 - Canto con continuidad: Junta abierta, junta cerrada, sellado grueso, sellado de superficie.
 - Canto sin continuidad: Sellado de superficie.

13-Hormigón. [He.2.Mu]



6.2.3.- Cerámica.

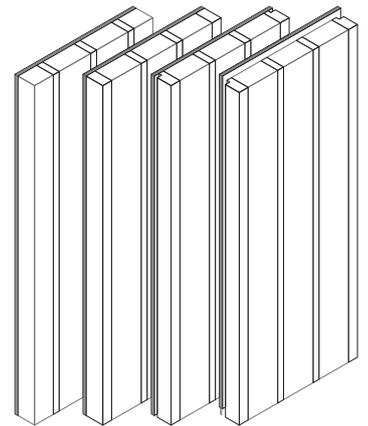
- Paneles de estructura heterogénea:
 - [He.2.Mo] Panel de cerámica aligerado.
 - [He.3.Mu] Panel de cerámica aligerado.

15-[He.2.Mo] Panel de cerámica aligerado:

Panel monofuncional de espesor medio. Panel de cerámica aligerado con perforaciones longitudinales y resoluciones geométricas complejas en todos sus cantos. Requiere de la adición de capas especializadas hasta completar la total satisfacción de las diferentes necesidades asociadas al cerramiento. No será posible la modificación en obra.

- Rango de espesor aproximado: 150mm.
- Posibilidad de continuidad en el canto: Vertical. Opción única.
- Posibilidad de conformación en el canto: Vertical (Machihembrado) + Horizontal (Machihembrado).
- Requerimiento de trasdosado interior: Opcional.
- Opciones de resolución estanca:
 - Canto con continuidad: Junta abierta, junta cerrada, sellado grueso, sellado de superficie.
 - Canto sin continuidad: Junta cerrada, sellado grueso, sellado de superficie.

14-Madera. [He.3.Mu]

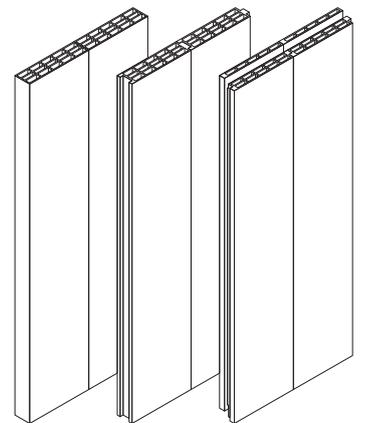


16-[He.3.Mu] Panel de cerámica aligerado:

Panel multifuncional de espesor elevado. Panel de cerámica aligerado con perforaciones longitudinales y resoluciones geométricas complejas en todos sus cantos, con capa intermedia de poliestireno extrusionado. No requiere de la adición de capas especializadas para la satisfacción de la función térmica del cerramiento. No será posible la modificación en obra.

- Rango de espesor aproximado: 200mm.
- Posibilidad de continuidad en el canto: Sin posibilidad de continuidad. Opción única.
- Posibilidad de conformación en el canto: Vertical (Machihembrado) + Horizontal (Machihembrado).
- Requerimiento de trasdosado interior: Opcional.
- Opciones de resolución estanca:
 - Canto con continuidad: Junta abierta, junta cerrada, sellado grueso, sellado de superficie.
 - Canto sin continuidad: Junta cerrada, sellado grueso, sellado de superficie.

15-Cerámica. [He.2.Mo]



6.2.4.- Acero.

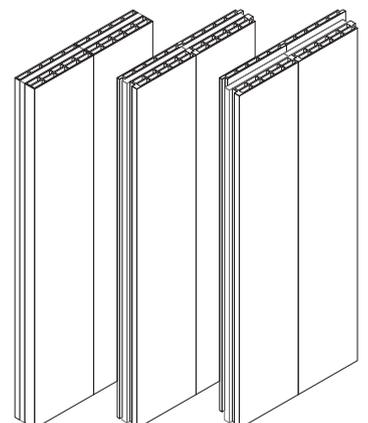
- Paneles de estructura heterogénea:
 - [He.1.Mu] Panel sándwich de acero y lana de roca.
 - [He.1.Mo] Chapa grecada de acero galvanizado.
 - [He.2.Mo] Bandeja de acero galvanizado.

17-[He.1.Mu] Panel sándwich de acero y lana de roca:

Panel multifuncional de espesor bajo. Panel de acero y lana de roca con dos de sus cantos conformados permitiendo la resolución de encuentros inequívocos, y otros dos rectos. En ningún caso se genera continuidad en la chapa en los cantos. No requiere de la adición de capas especializadas para la satisfacción de la función térmica del cerramiento. No se recomienda la modificación en obra.

- Rango de espesor aproximado: 80mm.

16-Cerámica. [He.3.Mu]

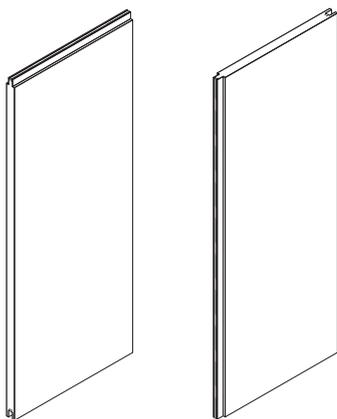


- Posibilidad de continuidad en el canto: Sin posibilidad de continuidad. Opción única.
- Posibilidad de conformación en el canto: Vertical (Machihembrado) / Horizontal (Machihembrado).
- Requerimiento de trasdosado interior: Opcional.
- Opciones de resolución estanca: Junta cerrada, sellado grueso, sellado de superficie.

18-[He.1.Mo] Chapa grecada de acero galvanizado:

Panel monofuncional de espesor medio. Panel de chapa de acero conformado con un grecado longitudinal generando la rigidización de la pieza. Requiere de la adición de capas especializadas hasta completar la total satisfacción de las diferentes necesidades asociadas al cerramiento. Será posible la modificación en obra, debiendo respetar la conformación de los nervios longitudinales.

17-Acero. [He.1.Mu]

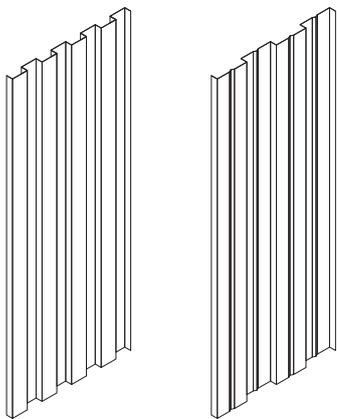


- Rango de espesor aproximado: 60mm.
- Posibilidad de continuidad en el canto: Canto de grosor mínimo. Opción única.
- Posibilidad de conformación en el canto: Vertical (Solape) + Horizontal (Solape).
- Requerimiento de trasdosado interior: Necesario.
- Opciones de resolución estanca: Sellado de solape.

19-[He.2.Mo] Bandeja de acero galvanizado:

Panel monofuncional de espesor medio. Panel de chapa de acero con dos de sus lados conformados generando la rigidización de la pieza, los otros dos deben resolverse por solape. Requiere de la adición de capas especializadas hasta completar la total satisfacción de las diferentes necesidades asociadas al cerramiento. Será posible la modificación en obra, debiendo respetar la conformación de los nervios longitudinales.

18-Acero. [He.1.Mo]



- Rango de espesor aproximado: 150mm.
- Posibilidad de continuidad en el canto: Canto de grosor mínimo. Opción única.
- Posibilidad de conformación en el canto: Vertical (Solape) + Horizontal (Solape).
- Requerimiento de trasdosado interior: Necesario.
- Opciones de resolución estanca: Sellado de solape.

6.3.- Relación del panel de hoja interna con la estructura.

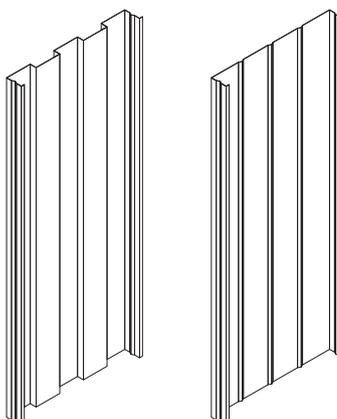
6.3.1.- Vinculación en la transmisión de acciones y anclaje.

En primera instancia, al menos una de las diferentes acciones a las que se ve sometida la hoja interior, deberá ser transmitida a la estructura del edificio, pero se debe evitar que los movimientos que esta experimente sometan a esfuerzos no previstos a los paneles. La transmisión de esfuerzos, a excepción de los paneles portantes, deberá producirse únicamente del cerramiento a la estructura, dependiendo por entero de un correcto diseño en las uniones.

- Acciones de componente horizontal.

Las acciones de componente horizontal transmitidas a la estructura difícilmente generarán deformaciones significativas que puedan poner en riesgo el sistema de juntas estancas en condiciones normales, siendo

19-Acero. [He.2.Mo]



absorbidos los empujes por los núcleos rígidos existentes.

En edificaciones excesivamente elevadas, una deformación por flexión en toda la altura puede dar lugar a la separación de los encuentros horizontales en la cara sometida a tracción, poniendo en riesgo cualquier sistema de sellado. Para evitar este problema, se debe conocer de antemano el rango de movimiento previsible y actuar en consecuencia empleando sellados capaces de asumir deformaciones por tracción sin padecer agrietamientos o pérdidas de adherencia en los labios del panel.

La posición de los paneles respecto al canto del forjado juega también un papel crucial en la posibilidad de transmisión de esfuerzos y deformaciones. Una colocación pasante permitirá jugar, tal y como se ha comentado en el primer punto del presente capítulo, con dimensiones de componente mucho mayores, reduciendo el número de encuentros, aunque a costa de que estos padezcan deformaciones mayores, exigiendo del sistema de sellado mayores prestaciones y garantías.

- Acciones de componente vertical.

En sistemas estructurales basados en apoyos puntuales, los nervios de borde padecen deformaciones diferenciales significativas, y dado que el cerramiento apoyará o colgará de los cantos de los forjados, será fundamental conseguir que los dichos movimientos a los que estos se vean sometidos no lleguen a afectarles. Se deberá evitar que los paneles de hoja interior se conviertan en conexiones entre los sucesivos niveles, a excepción de los paneles portantes, garantizando que la flecha del primer forjado no repercute en las condiciones de apoyo de los paneles en el superior.

- Vinculación del panel de hoja interior a la estructura.

El comportamiento del cerramiento queda determinado, por tanto, por la vinculación de los paneles a la estructura principal en cuanto a la transmisión de esfuerzos se refiere. Podremos encontrarnos con tres posibilidades diferenciadas.

Paneles portantes: El cerramiento es parte del sistema estructural, por lo que las cargas de peso propio de los paneles no supondrán un problema notable, no así las cargas de componente horizontal, que deben ser contrarrestadas por los núcleos de rigidización del edificio. Los desplazamientos verticales en los forjados afectarán a los paneles en tanto en cuanto se verán incrementadas o disminuidas las tensiones internas.

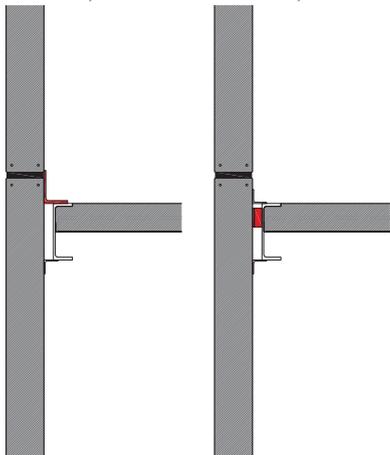
Paneles anclados a la estructura: Se produce la transmisión de las cargas tanto de componente vertical como horizontal, por lo que el peso propio de los paneles se debe mantener dentro del mínimo posible. Los desplazamientos verticales en los forjados podrán llegar a afectar a las juntas entre paneles, estableciendo discontinuidades en la envolvente, lo que llevaría a la pérdida de la estanqueidad y otras funciones asociadas.

Paneles anclados a la subestructura: La transmisión de las cargas de componente vertical es asumida por entero por la subestructura, debiendo mantenerse el peso propio de los paneles dentro del mínimo posible para evitar sobredimensionamientos, sin embargo, las cargas horizontales se transmitirán a la estructura principal. Los desplazamientos verticales de los forjados no afectarán a las juntas entre paneles.

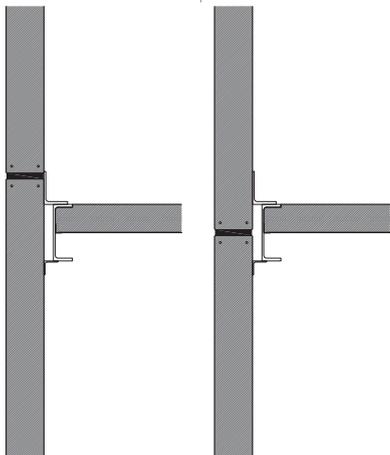
- Condiciones de anclaje de los paneles.

Las condiciones de movimiento y la compleja relación entre paneles y estructura derivada de tolerancias

Punto de anclaje del panel a la estructura. Anclaje a cara. Punto de anclaje del panel a la estructura. Anclaje a canto.



Altura de encuentro entre los paneles. Elevada sobre la cara. Altura de encuentro entre los paneles. Centrada en el canto.



i32. Anclaje de panel a la cara del forjado.



i33. Anclaje del panel al canto del forjado.

dimensionales y de colocación, obliga a recurrir a sistemas de anclaje más o menos complejos que aseguran la correcta transmisión de esfuerzos.

Existen dos factores que se deberán tener en cuenta a la hora de determinar la mejor opción de fijación posible, y a su vez dependerán en gran medida de la resolución de las funciones de acondicionamiento exigibles a la hoja interior en su relación con los forjados.

Punto de anclaje del panel a la estructura: Podrá resolverse de dos formas diferentes, pudiendo ir el anclaje a la cara superior del forjado o bien el canto del mismo.

La primera opción supone una mayor facilidad de ejecución al posibilitar una puesta en obra desde el interior de la estancia, sin necesidad de andamiajes. La fijación resultante será muy accesible pero estará muy expuesta al fuego, debiendo protegerse adecuadamente, además de presentar problemas en el caso de que los pilares de la estructura se encuentren enrasados con el canto del forjado.

La segunda opción requerirá de un sistema auxiliar que facilite el acceso desde el exterior. El tamaño de la fijación definirá la separación mínima entre el forjado y la fachada, y la ubicación en la testa del forjado, donde se realizará necesariamente una barrera cortafuegos, evita la necesidad de una protección específica.

Altura de encuentro entre paneles: La diferenciación en los encuentros entre paneles radicará en si estos se disponen pasantes o no.

En caso de que no sean pasantes, el propio forjado aportará una base sólida de soporte, posibilitando que únicamente se deba controlar el vuelco durante la fase de fijación. Los trabajos de sellado y otras operaciones de acondicionamiento serán fácilmente realizables desde el interior, pero requerirán de andamios para las labores desde la cara externa.

Si los paneles son pasantes, en cambio, la posición del encuentro horizontal será fundamental para asegurar una buena accesibilidad a la junta, dependiendo de ello buena parte de las funciones asociadas. Si dicho encuentro se halla en el canto de los forjados, difícilmente se podrá acceder a él, con lo que la resolución obvia será levantar ligeramente el remate del panel sobre la cara superior del forjado. En este caso, sin embargo, el anclaje será un tema delicado, puesto que si bien la cabeza superior del panel ya colocado ofrece soporte durante la disposición de la pieza que le sucede en altura, se debe garantizar la inmovilidad del canto en el plano horizontal. Esto obliga a que la distancia desde la superficie del forjado al encuentro horizontal no sea excesiva, de modo que se pueda resolver con un perfil en L, debiendo ser este protegido contra el fuego.

6.3.2.- Posición respecto a los cantos de forjado y funciones asociadas.

- o Estanqueidad al aire.

La función de estanqueidad será condición necesaria para poder satisfacer el resto de funciones asociadas al cerramiento, tal y como ya se ha explicado anteriormente. Minimizar el número de encuentros disponiendo los paneles pasantes frente a los forjados incrementará las posibilidades de éxito al reducirse el número de juntas a la mitad respecto a los paneles insertos, y de forma paralela, se evitarán encuentros complejos con pilares u otros elementos de estructura sometidos a movimientos diferentes a los del cerramiento.

Acompañar la disposición pasante de los paneles con el incremento de su longitud, abarcando varias plantas, conlleva una mayor reducción en el número de encuentros, estando limitada dicha dimensión por las posibilidades de transporte y en mayor medida el peso, debiendo este permitir la realización de las maniobras de colocación.

Paralelamente, elevar ligeramente el encuentro respecto a la cara superior del forjado facilitará el acceso desde el interior a la junta horizontal, tanto para su sellado como para la realización de inspecciones periódicas. No así en el caso de las juntas verticales, cuyo sellado desde el interior se verá entorpecido en todo el grueso del forjado aún si existe cierta separación con el canto del mismo. De este último hecho se obtiene la idoneidad teórica del sellado grueso en los cantos longitudinales, si bien actúa en contra del principio de unión mecánica de carácter prefabricado.

o Retención al fuego.

Los paneles de hoja interior insertos entre forjados son capaces de satisfacer la retención al fuego de forma eficaz en su cara inferior dado que apoyan todo su peso sobre esta, sin embargo, en el encuentro superior siempre existirá cierto margen de maniobra, materializado en forma de junta, que deberá ser sellada y protegida contra la acción de la llama. Para este fin podrá emplearse un perfil de acero en L, debidamente protegido, que a su vez establezca el componente transmitiendo las acciones de carga horizontal a la estructura, y colabore en el sellado de la junta.

En el caso de las soluciones pasantes no solo existirá una junta horizontal a modo de margen de maniobra entre paneles que invalide el modelo de sectorización de incendio, debiendo tomar las medidas complementarias necesarias, sino que se da la posibilidad de cierta separación con los cantos. La solución óptima pasará por la disposición de sendos perfiles en L que aporten continuidad en la sectorización entre el forjado y el cerramiento, y en el caso del que se vaya a situar en la cara superior, deberá presentar un ala de mayor dimensión que sea capaz de cubrir la unión horizontal. Como en el caso anterior, colaborarán en el sellado contra la penetración del aire y transmitirán las acciones horizontales a la estructura.

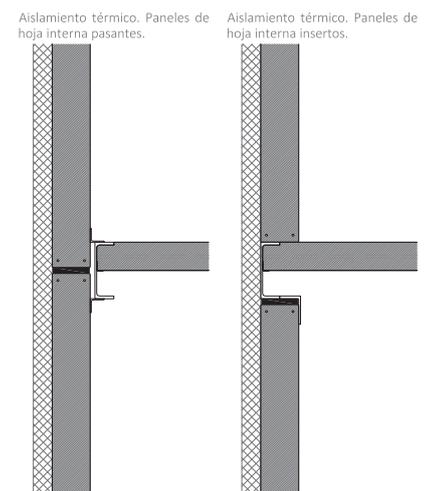
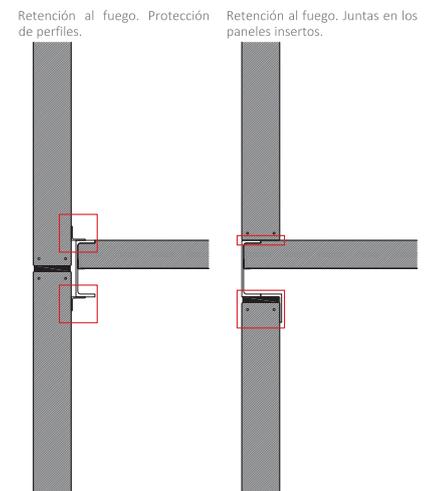
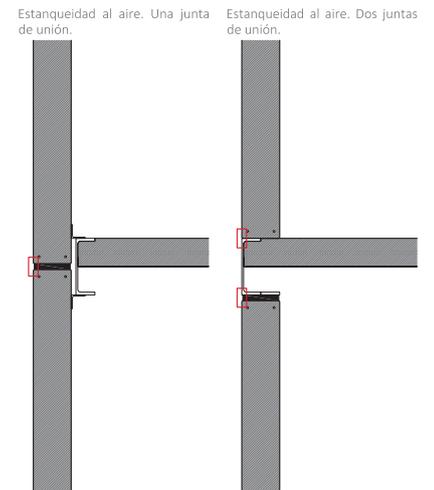
o Aislamiento térmico.

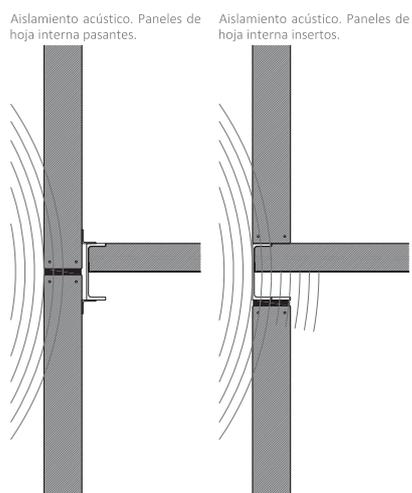
Únicamente en el caso de paneles de función exclusiva soporte se podrá recurrir de forma indiferente a una disposición pasante o inserta, dado que la posterior adición de la capa de aislamiento térmico podrá realizarse accediendo desde el exterior, haciendo uso en cualquier caso de un sistema de andamios. La única excepción a esto será el caso de aislamiento térmico por el interior de la estancia de cara a evitar la inercia del cerramiento, en cuyo caso se generarían puentes térmicos en los cantos de forjado.

Los paneles con la función de aislamiento térmico implementada en su constitución deberán ser dispuestos por el exterior de los cantos. En este caso, la reducción de las juntas horizontales a la mitad supone, como se ha dicho, una ventaja de cara a alcanzar la estanqueidad, dado que si se producen infiltraciones por efecto de los movimientos de la edificación, el control térmico en la estancia se vería comprometido.

o Aislamiento acústico.

La reducción de la propagación de la onda acústica depende mucho del modo en el cual se resuelve la unión entre la fachada y la estructura de la edificación. Si esta es elástica se produciría cierta disipación al convertir la onda incidente en fricción, derivada del movimiento vibratorio del cerramiento.





En el caso de los paneles insertos entre forjados, si bien las uniones en la base y cabeza pueden ser elásticas, el canto expuesto, únicamente protegido por la hoja exterior, se convierte en un medio de transmisión potencial si no presenta una masa elevada.

Los paneles pasantes, por el contrario, podrán presentar un material elástico en la zona de contacto con los cantos, o bien directamente no establecer contacto con el mismo, evitando de forma efectiva transmitir cualquier onda vibratoria al interior, siendo por tanto el último elemento de resistencia a la transmisión acústica el cerramiento, que podrá ser diseñado de forma específica a los requerimientos de aislamiento existentes.

Capítulo 7. DEBILITAMIENTOS DE PROYECTO EN LA ESTANQUEIDAD.

7.1.- Previsión de alteraciones en la continuidad del cerramiento.

Ya se han comentado los problemas e incidencias derivados de malas ejecuciones que pueden poner en riesgo la estanqueidad del modelo de fachada proyectado, y cómo el proceso constructivo base de este puede facilitar su subsanado. En este caso decimos que se trata de debilitamientos en la estanqueidad no previstos en proyecto, errores que podrán ser solventados con mayor o menor suerte según si su detección es temprana o tardía.

Los debilitamientos proyectados son el resultado de las necesidades constructivas del proyecto arquitectónico, las particularidades de la respuesta funcional a las necesidades de la obra, inevitables en todo caso para posibilitar su materialización. Estas alteraciones se constituyen por las diferentes discontinuidades en forma de huecos, las perforaciones, o bien encuentros complejos realizados en el cerramiento y que requieren de soluciones específicas enfocadas a su correcta resolución, manteniendo los requisitos mínimos de estanqueidad que eviten la invalidación completa del modelo.

7.2.- Huecos.

En el cómputo general de la fachada, la importancia de los huecos en cuanto a la afectación a la estanqueidad queda representada casi por completo por las ventanas, suponiendo las puertas un valor ínfimo en comparación, más aún si se tiene en cuenta el menor impacto que las corrientes de viento puedan tener en estas al hallarse a pie de calle, donde el mayor grado de aspereza del territorio supone una barrera a la libre circulación de los flujos de aire.

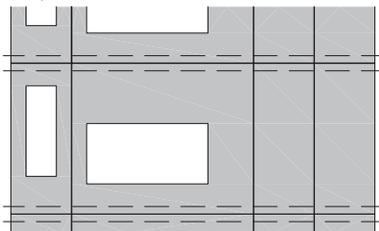
En edificios en altura esta diferencia se acentúa, y la puerta de acceso, aun permitiendo filtraciones de un volumen considerable, difícilmente influye sobre la percepción de confort en los recintos de uso. En edificios residenciales, no se le atribuye gran importancia al acondicionamiento térmico de las zonas comunes como rellanos o escalera, y las penetraciones de agua, siempre que se mantengan en valores mínimos, serán fáciles de eliminar. En edificios de uso público, por el contrario, si bien podría ser un aspecto mucho más preocupante la incidencia térmica de las infiltraciones por darse un uso intensivo en las áreas inmediatas al acceso, la constante dinámica de entrada y salida de usuarios conduce a resoluciones arquitectónicas específicas, entre las que se encuentran puertas de apertura automática con cortavientos, mucho más precisas en cuanto a la generación de una barrera contra el aire, y sistemas de climatización mucho más potentes. Como contrapartida a ambos ejemplos, conllevan una mayor inversión inicial y gasto de utilización.

7.2.1.- Relación panel-hueco. Grado de prefabricación en la apertura de la envolvente.

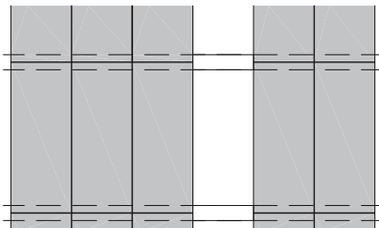
Para cada tipo de panel de hoja interior, en función de sus posibilidades resistentes en una o dos direcciones, se podrán plantear una o varias soluciones de hueco, adaptándose la morfología de este a las vicisitudes del panel. De forma inversa, podrá ser el panel el que se adapte a la solución de hueco, limitándose en mayor medida las posibilidades. Un ejemplo claro sería la poco viable resolución de un hueco horizontal de gran dimensión en un sistema de hoja interior de bandejas de acero verticales.

Se podrá clasificar el tipo de hueco, por tanto, según el nivel de prefabricación en su elaboración. Los huecos realizados en taller en los propios paneles de cerramiento durante las fases de montaje industrializado

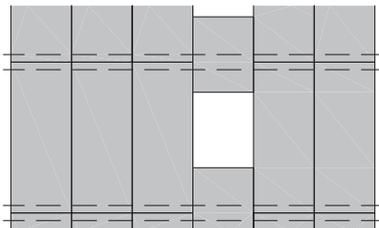
Panel especializado de resolución de hueco.



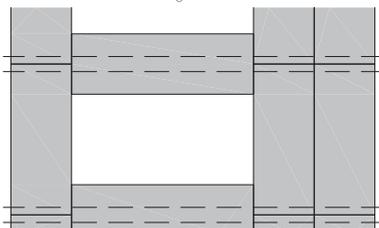
Hueco de trazado vertical de altura completa.



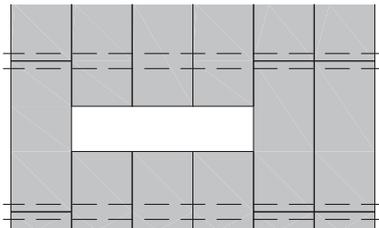
Hueco de trazado vertical de media altura.



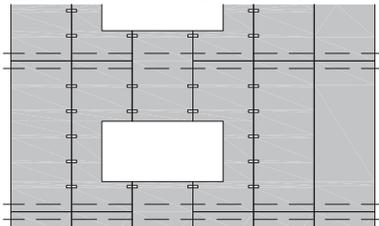
Hueco de trazado horizontal de gran altura.



Hueco de trazado horizontal de media altura.



Hueco de modulación no coincidente.



TÉSIS DOCTORAL. LA HOJA INTERIOR DE LA FACHADA VENTILADA. ANÁLISIS, TAXONOMÍA Y PROSPECTIVA.

Pardal March. C

El hueco. Posibilidades de resolución de hueco según la configuración de los paneles.

constituyen el mayor grado de especialización posible, frente a la opción de ejecución de apertura en la fachada mediante la ausencia material en un área determinada.

- Panel especializado de resolución de hueco.

Supone la resolución total del encuentro entre el panel y el marco o premarco del hueco en condiciones óptimas de trabajo, realizado en todo caso por especialistas y asegurando mayores garantías de estanqueidad. Como contrapartida, este tipo de resoluciones suelen presentarse en modelos de grandes dimensiones, en ocasiones como segmento de fachada de ancho completo, estando muy limitada la posibilidad de ajuste y siempre bajo condiciones de maniobra bastante complicadas, haciendo que cualquier error en la pieza conlleve la vuelta a taller para su resolución, y en los casos más graves, su completa sustitución. Este aspecto es fundamental en estructuras con márgenes de error muy grandes, como el hormigón armado, por lo que se requerirá una coordinación absoluta entre la situación de la obra y el taller en el que se elabora el panel.

- Ausencia de panel para resolución de hueco.

La composición del hueco mediante la disposición de segmentos de panel de menores dimensiones para generar áreas desprovistas de cerramiento, en la mayoría de ocasiones fijados al forjado únicamente en su línea central, conlleva la obligación de coordinar los márgenes de disposición de forma muy cuidada, de modo que se pueda conseguir un borde sin descompensaciones o rehundidos entre paneles contiguos que dificulten el sellado. Con todo, la posibilidad de realizar ajustes en obra de alguna de las piezas, corrección de daños, o errores en su factura es mucho mayor, a costa de depender por completo de la pericia de un operario en muchas ocasiones poco experimentado, por lo que las garantías de obtención de una buena estanqueidad son mucho menores.

Hueco de trazado vertical: Cuando el trazado de los huecos se presente en vertical, bastará con la supresión completa de una de las piezas, y la instalación del premarco de la carpintería, realizando su sellado acorde al de los paneles. Este caso será obviamente ideal si los huecos se plantean con la misma altura existente entre forjados, en caso contrario, deberán instalarse secciones de panel fijados en sus líneas medias hasta reducir la altura acorde a lo deseado. De cualquier modo, se deberán realizar ajustes a causa de los márgenes de error derivados de la construcción de la estructura, ajustes que pueden llevar aún más a incurrir en algún error.

Hueco de trazado horizontal: Podrán ser resueltos con la disposición de los paneles en horizontal, siendo estos anclados en su línea central al canto del forjado. Este sistema es muy adecuado para huecos apaisados de gran altura, priorizando la superficie vidriada sobre el ciego, sin embargo, la resolución de ventanas apaisadas de poca altura deberá realizarse preferiblemente con secciones de paneles dispuestos en vertical.

Los premarcos de las carpinterías deberán participar en la integridad estructural de la fachada, minimizando los desplazamientos horizontales en las cabezas libres de los paneles. Con todo, difícilmente la unión de los paneles superiores e inferiores a este premarco podrá ser un nudo rígido, por lo que será inevitable que se produzca cierto giro. Anclar los premarcos de forjado a forjado a modo de bastidor permitirá establecer una estructura secundaria de fachada que evite el giro de la cabeza libre de estos paneles.

Hueco de modulación no coincidente: Los huecos cuya dimensión, por decisiones de proyecto, no coincidan con la modulación de los paneles, darán lugar a componentes con secciones eliminadas en forma de C o en L. Esta reducción en la sección con entrantes en esquina genera tensiones que pueden dar lugar a agrietamientos, poniendo en riesgo la estanqueidad. Para limitar esta posibilidad, se debe asegurar el correcto reparto de tensiones entre estos paneles y los contiguos asegurando el comportamiento del plano de forma unitaria, así

como el refuerzo del panel en las esquinas entrantes. Se podrán realizar fijaciones mecánicas puntuales o bien una unión basada en morteros, tal como se ha expuesto en el apartado 5.2.1., evitando también con ello el vuelo de las placas de formación de antepecho en ventanas de poca altura. La fijación entre placas de antepecho y las jambas también se puede resolver por medio de un premarco dimensionado para tal fin, que sea capaz de garantizar el movimiento vertical independiente entre las piezas superiores y las inferiores.

7.2.2.- Sistemas de sellado en huecos.

Los encuentros entre sistemas diferentes deben asegurar la continuidad de la envolvente impidiendo esfuerzos excesivos en los elementos que no hayan sido previstos para asumirlos, evitar errores de ejecución, y permitir el fácil montaje y desmontaje. La calidad del producto final en la ejecución de un cerramiento depende en gran medida de estos, siendo el punto decisivo incluso por encima del encuentro entre piezas del mismo sistema, cuyas soluciones de borde están planteadas para una resolución de conjunto.

Cuando el contacto se da entre sistemas diferentes será muy complejo el cumplimiento de estas premisas, principalmente por desconocimiento de la geometría que reciba el panel, siendo así lo más habitual que este se realice con la mediación de algún componente especializado. La excepción a este caso será aquel diseño de carpintería enfocado a trabajar conjuntamente con uno o varios modelos específicos de panel, generando con ello un sistema constructivo cerrado, incorporado principalmente a los procesos de montaje en serie dentro del taller pero susceptible de ser conformado como producto acabado para su colocación en obra.

Por sellado de huecos se entienden las labores necesarias para asegurar que no se generan filtraciones en el encuentro entre panel y premarco o carpintería, dando por hecho que la estanqueidad de las partes móviles es óptima. Se debe tener presente la diferencia sustancial que existirá entre las labores en obra y en taller, dado que este último ofrece posibilidades inviables en otras circunstancias.

- o Sistemas de sellado.

Sellado por fraguado: Basado en el sellado por mediación de componentes de fraguado, se fundamenta en materiales capaces de realizar el encuentro en base a la adhesión y sellado químico. La carpintería o premarco para la realización del hueco no tiene por qué presentar una geometría específica, y la aplicación del sellante en húmedo permite que se amolde a todas las superficies, generando una vez seca la barrera necesaria.

Sellado por mecanizado: También conocido como unión directa, dependerá por completo de una resolución geométrica más o menos compleja en la carpintería para la resolución del hueco. Se acompañará de burletes o láminas de cobertura de goma, en ambos casos sometidas a presión efectuando de este modo el sellado y estableciendo la continuidad en el plano estanco.

Sellado por continuidad: El tradicional modelo de producción industrial en cadena introducido por Ford se presenta en la actualidad como un sistema caduco, encaminándose ahora hacia la producción flexible, permitiendo adaptar el producto a las necesidades del usuario, personalizándolo según sus deseos y necesidades. No es necesario fabricar para un mercado indefinido, sino que se puede dotar al producto de cierto grado de especificidad.

En este caso el propio panel se constituye al mismo tiempo como carpintería o premarco, incorporando las

resoluciones geométricas y materiales necesarias para solventar el hueco sin resquicios en la continuidad. Es una solución especialmente adecuada para ser incorporada en paneles de madera por la facilidad de elaboración que conlleva.

La concepción de estos componentes, no está sin embargo exenta de complicaciones. Requiere el asesoramiento de los industriales que intervendrán en su elaboración, debiendo participar desde la gestación del proyecto, no pudiendo limitarse a la fase de ejecución.

○ Lugar de ejecución y posibilidades de sellado.

Las posibilidades de efectuar un tipo u otro de sellado varían ampliamente según el lugar de realización del mismo, así como las garantías de efectividad.

- Sellado en obra:
 - Sellado por mecanizado.
 - Sellado por fraguado.
- Sellado en taller:
 - Sellado por mecanizado.
 - Sellado por fraguado.
 - Sellado por continuidad.

Referencia de productos de sellado SIKKA.

Sikaflex AT-Conection:

Sellador elástico monocomponente de curado por humedad a base de polímeros terminados en silanos.

Es un sellador adecuado para juntas de conexión entre sustratos porosos y no porosos, admite el pintado, no requiere de imprimación en la mayoría de soportes, con elevadas propiedades mecánicas, y buena resistencia a la intemperie y al envejecimiento.

Densidad:	1.30 Kg/L
Formación de piel:	60 min
Velocidad de curado:	2mm/24h
Cap. de movimiento:	25% LM
Ancho de junta:	10-40mm Min-Max
Temp. de servicio:	-40°C/+90°C
Resist. a desgarre:	4.70 N/mm ²
Módulo elástico:	0.40 N/mm (+23°C)
Recuperación elástica:	>70% (+23°C)

Sikaflex Construcción:

Sellante elástico a base de poliuretano de curado por humedad ambiente.

Es un sellador adecuado para juntas en edificios y viviendas, para marcos de puertas y ventanas, sellado de juntas entre elementos de metal y hormigón, o juntas en estructuras de madera y metal.

Densidad:	1.30 Kg/L
Formación de piel:	60 min

7.3.- Material y forma. Soluciones de sellado en huecos.

7.3.1.- Pasta de sellado.

Las condiciones para la aplicación de la pasta de sellado en las juntas de carpintería son similares a las mencionadas con anterioridad para el sellado de paneles. El diseño del encuentro debe ser proporcional al distanciamiento entre los sistemas involucrados, el cual deberá determinarse teniendo en cuenta las dilataciones diferenciales asociadas a los distintos materiales presentes en los paneles y en la carpintería, así como a su tamaño. Los labios de la junta deben ser firmes y estar secos, libres de polvo u otras partículas sólidas, grasas, aceites, o pinturas, que puedan poner en riesgo la capacidad de adherencia del sellante.

Se deberán tener en cuenta las condiciones de temperatura y humedad durante la aplicación del sellante, siempre acorde a las especificaciones del fabricante, evitando su aplicación si estas no favorecen el correcto curado del material. Por lo general, lo ideal será el sellado con temperaturas suaves y sin incidencias directas del sol, evitando dilataciones excesivas que puedan generar tensiones de tracción en el sellante cuando tenga lugar la contracción de los componentes. En caso de ser necesario, se aplicarán imprimaciones o promotores de adherencia sobre las diferentes superficies, en particular cuando exista una diferencia de porosidad muy pronunciada, mejorando con ello la capacidad de fijación a largo plazo y en caso de condiciones severas.

El sellador debe ser capaz de deformarse y absorber los movimientos en la junta, presentando por lo general una capacidad de deformación en torno al 400% del movimiento estimado. El ancho de junta estará entre los 10mm y los 40mm, y su profundidad deberá ser aproximadamente la mitad del ancho, requiriendo para limitar la penetración del sellante de un fondo de junta a base de espuma de polietileno de célula cerrada, el cual garantizará el libre movimiento del sellante en el interior del encuentro al evitar una adherencia a tres caras.

Es conveniente que el material de sellado permita la posibilidad de pintado y posea una gran resistencia a la intemperie y el envejecimiento, siendo fundamental que presente una muy buena resistencia a la degradación asociada a los rayos UV. El pintado con pinturas rígidas puede dificultar la elasticidad del sellador, y provocará la aparición de agrietamientos que afecten a su calidad estética, por lo que es necesario garantizar la compatibilidad entre la pintura y la pasta de sellado.

Velocidad de curado:	1mm/24h
Cap. de movimiento:	25% LM
Ancho de junta:	10-35mm Min-Max
Temp. de servicio:	-40°C/+70°C
Resist. a desgarre:	4.70 N/mm ²
Módulo elástico:	0.40 N/mm (+23°C)
Recuperación elástica:	>70% (+23°C)

Condiciones de sellado especiales: El proceso de sellado en caso de apertura de huecos en recintos con protección frente al fuego y humo será homólogo al expuesto en el punto 5.3.1. una vez seleccionada la carpintería y vidriado adecuados para la instalación.

Proceso de aplicación del sellado: El proceso de aplicación del sellado de huecos será homólogo al expuesto en el punto 5.3.1.

En caso de que las juntas se encuentren tensionadas, en situación de exposición extrema y prolongada a la intemperie, o bien con una incidencia de agua muy frecuente, será recomendable emplear imprimaciones sobre los soportes tras la limpieza de rigor. Dichas imprimaciones serán distintas en función del grado de porosidad del material base, por lo que en ningún caso podrá recurrirse al mismo producto para el tratamiento de la carpintería y el panel, debiendo consultarse las especificaciones de producto para asegurar la buena promoción de la adherencia y el correcto funcionamiento a largo plazo.

Proceso de reparación del sellado: El proceso de reparación del sellado de huecos será homólogo al expuesto en el punto 5.3.1.

En el caso de reparación por deficiencias en el dimensionado del encuentro, únicamente será recomendable el empleo de cintas elásticas preformadas en la cara exterior de la hoja interior, debiendo buscarse un sistema alternativo para el sellado interior que permita modificar la dimensión del encuentro.

7.3.2.- Sellado grueso.

Las condiciones para la aplicación de los materiales de sellado grueso en las juntas de carpintería son similares a las mencionadas con anterioridad para el sellado de paneles. El sellado grueso se basa en la aplicación de un material expansivo en el grueso medio, actuando como relleno deformable y con buena adherencia, seguido de un doble sellado en las caras exteriores que asegura la impermeabilidad al aire y agua, así como la protección frente a los rayos UV de la espuma.

El diseño del encuentro, nuevamente deberá ser acorde a los componentes empleados, sus dimensiones, y su material de constitución, debiendo tener en cuenta los distintos coeficientes de dilatación asociados. Es fundamental controlar la temperatura de aplicación para asegurar que no se producen tracciones excesivas durante los ciclos de temperatura moderada a causa de realizar el sellado sobre los componentes excesivamente dilatados, o por el contrario que se produzcan tensiones de compresión durante las temporadas de calor por una aplicación en temporada de frío, con los componentes plenamente contraídos.

La espuma interior, generalmente de poliuretano, asegura cierta conexión estructural entre componentes dada su capacidad de adherencia. Como material de relleno, se debe controlar su expansión (1,5x o 2,0x) limitando la cantidad aplicada. Cualquier sobrante deberá ser retirado del encuentro previamente a su endurecimiento,

Referencia de productos de sellado grueso SIKA.

Sika Boom-S:

Espuma expansiva monocomponente a base de poliuretano. Se utiliza como espuma de fijación, relleno, y aislamiento frente a ruidos, frío, y corrientes de aire. Como relleno y aislante en juntas alrededor de marcos de ventanas y puertas, pasatubos, huecos para sistemas de aire acondicionado, y tambores de persiana. Presenta buena facilidad de aplicación incluso a bajas temperaturas, curado rápido, alto grado de expansión, y buena resistencia al envejecimiento.

Absorción de agua:	0.3% del volumen
Temperatura de servicio:	-40°C/+80°C
Resist. a compresión:	0.05 N/mm ²
Resist. a cortante:	0.08 N/mm ²
Resist. a tracción:	0.18 N/mm ²
Alargamiento a rotura:	30% (+23°C)
Temp. de aplicación:	-10°C/+25°C
Vida de la mezcla:	10-15 min
Formación de película:	10-15 min
Curado total:	12h

Sika Mastik:

Sellador de juntas y adhesivo multiusos, en base de poliuretano monocomponente, que cura por la humedad ambiental. Apto para aplicaciones de interior y exterior.

Se emplea como sellador de juntas verticales y horizontales con posibilidad de movimiento bajo a medio. Es adecuado para el sellado de particiones, juntas en pavimentos, sellado de tejas, sellado de piezas de hormigón prefabricado, sellado de grietas y fisuras, etc. Puede ser utilizado como adhesivo de poliuretano multiusos de prestaciones medias, para la fijación de peldaños de escaleras, rodapiés, cubrejuntas, etc.

Densidad:	1.65 Kg/L
Formación de piel:	60 min
Velocidad de curado:	3mm/24h
Ancho de junta:	10-20mm Min-Max
Temp. de servicio:	-40°C/+70°C
Resist. al desgarre:	8.00 N/mm ²
Módulo elástico:	0.80 N/mm ² (+23°C)
Recuperación elástica:	>60% (+23°C)
Alargamiento de rotura:	500% a los 28d

consiguiendo con ello un borde semicircular que actuará como fondo de junta para la disposición del mástic exterior. Si el fraguado tiene lugar antes de la retirada de los sobrantes, de forma inevitable se recurrirá a algún producto específico para su retirada y limpieza.

El remate semicircular de la espuma garantiza el correcto movimiento del sellante superficial con los cambios dimensionales de dilatación y contracción, pero si por las razones comentadas no pudiera ser realizado, se deberá crear un rehundido en la superficie del mástic, reduciendo la cantidad de material en el centro del encuentro. La espuma deberá cubrir el interior del encuentro hasta una profundidad respecto a las caras externas de la mitad del ancho de la junta.

Es conveniente que el mástic exterior permita el pintado y posea una gran resistencia a la intemperie, el envejecimiento, y los rayos UV. La pintura deberá ser compatible con el mástic y preferiblemente, deformable.

Como en los demás casos, los labios de la junta deberán estar limpios, sin restos sólidos, grasas, o pinturas, en cuyo caso deberán ser eliminados con cepillos y productos desengrasantes. En caso de ser necesario, se aplicarán imprimaciones o promotores de adherencia sobre las diferentes superficies, en particular cuando exista una diferencia de porosidad muy pronunciada, mejorando con ello la capacidad de fijación a largo plazo y en caso de condiciones severas.

Condiciones de sellado especiales: El proceso de sellado en caso de apertura de huecos en recintos con protección frente al fuego y humo será homólogo al expuesto en el punto 5.3.4. (Mástic y espuma de sellado) una vez seleccionada la carpintería y vidriado adecuados para la instalación.

Proceso de aplicación del sellado: El proceso de aplicación del sellado de huecos será homólogo al expuesto en el punto 5.3.4. (Mástic y espuma de sellado).

En caso de que las juntas se encuentren solicitadas de forma muy acusada, como en el punto anterior, será recomendable recurrir a imprimaciones sobre los diferentes materiales para promover la adherencia y mejorar el comportamiento del sellado a largo plazo.

Proceso de reparación del sellado: El proceso de reparación del sellado de huecos será homólogo al expuesto en el punto 5.3.4. (Mástic y espuma de sellado).

7.3.3.- Burlete de sellado.

En los casos más exigentes o en los que se busque la posibilidad de efectuar encuentros inequívocos entre paneles y carpintería, se requerirá de la preparación geométrica de los cantos para definir dicha unión en su posición final. Asimismo, será necesario alcanzar el mayor grado de planeidad en las caras sobre las que se produzca el encuentro con los burlletes, a fin de que la presión se reparta de forma uniforme en su superficie y se alcance la estanqueidad buscada.

Al igual que en el caso de los cantos en el encuentro entre paneles, se debe buscar la posibilidad de generar una cámara de descompresión y vías de expulsión de pequeñas filtraciones que puedan llegar a producirse, aplicando con ello múltiples medios de ayuda al buen funcionamiento, manteniendo el agua en el exterior y evitando el acceso de aire a través de los encuentros con las carpinterías.

El conocimiento del comportamiento a largo plazo en el encuentro, ya sea en cuanto a dilataciones por efecto de los cambios de temperatura o la incidencia de la radiación solar, empujes del viento, etc., serán fundamentales para determinar la separación necesaria entre componentes. En este aspecto entra también en juego el necesario conocimiento de los márgenes dimensionales para posibilitar la colocación, pero también la capacidad de deformación de los burletes sometidos a presión, lo que se verá influido por el material con el cual se fabriquen. La goma o el EPDM serán los materiales más recurridos.

El diseño del marco o premarco, de ser este necesario, y de la resolución geométrica en el borde de los paneles debe permitir el fácil montaje y desmontaje sin que la capacidad de estanqueidad se vea mermada. Para ello, dicha carpintería deberá integrar por completo los diferentes modelos de burletes requeridos, y la colocación deberá realizarse preferiblemente desde el exterior, disponiendo la fijación en la cara interna de la estancia. La carpintería será susceptible de incorporar mecanismos que posibiliten cierto movimiento o amortiguación respecto al soporte sobre el que se fija, evitando con ello tensiones excesivas que puedan dar lugar a debilitamientos en el sellado.

El punto más complejo de la resolución será la rotura de puente térmico, variando por completo la solución final de acuerdo a la carpintería seleccionada, pero siendo un factor decisivo la configuración del panel de hoja interna, si este incorpora o no el aislamiento térmico, así como de su resolución geométrica en el canto. Recurrir a la madera como material de resolución de carpintería reduce el problema a un mero hecho anecdótico, siendo por ello una solución sencilla y útil.

Este modelo de formación y sellado de huecos será, desde la perspectiva del presente trabajo, el que más se aproxime al ideal de prefabricación en la ejecución del cerramiento, permitiendo cierto margen de adaptación de la carpintería en taller para cada caso de hueco concreto.

Condiciones de sellado especiales: El proceso de sellado en caso de apertura de huecos en recintos con protección frente al fuego y humo será homólogo al expuesto en el punto 5.3.2. una vez seleccionada la carpintería y vidriado adecuados para la instalación.

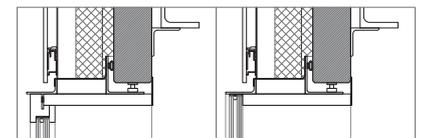
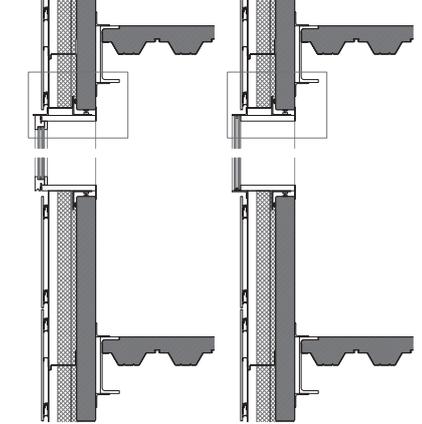
En este caso, al igual que ocurre con los burletes de goma y debido al proceso de colocación en el hueco, será conveniente que los cordones intumescentes se presenten ya adheridos en la carpintería, quedando dispuestos al mismo tiempo que se fija esta.

Proceso de aplicación del sellado: La aplicación del sellado por medio de burletes se reduce a la disposición de los mismos en la carpintería y la fijación de esta asegurando que se ejerce una presión uniforme.

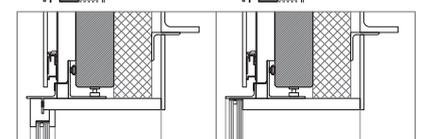
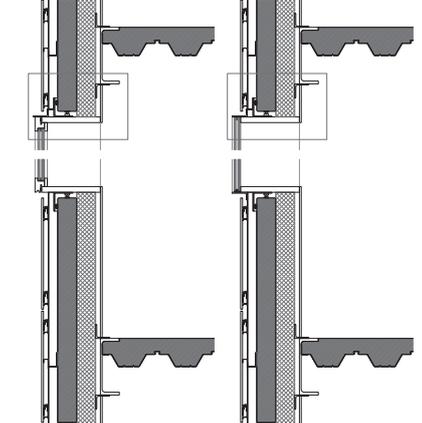
El primer lugar, se debe garantizar que la superficie sobre la que se van a adherir los burletes se encuentre seca, limpia, sin grasas, aceites, restos sólidos, o de pinturas. De requerirlo el material soporte, se podrá aplicar algún promotor de adherencia, y una vez seco se colocarán los burletes. Para garantizar que estos se adhieren de forma uniforme y sin resquicios, se aplicará una presión moderada en toda su área hasta que haya transcurrido el tiempo de fijación necesario indicado por el fabricante.

La geometría de la carpintería debe posibilitar el anclaje mecánico por la cara interior. Para ello, se deslizará desde la cara externa de la hoja interior, y una vez aplicada la fuerza necesaria para asegurar el ajuste de la goma a toda la superficie en el perímetro del panel, se procederá al atornillado, quedando de este modo en su posición definitiva.

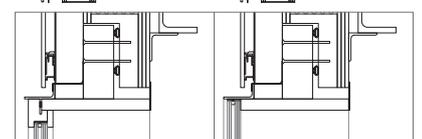
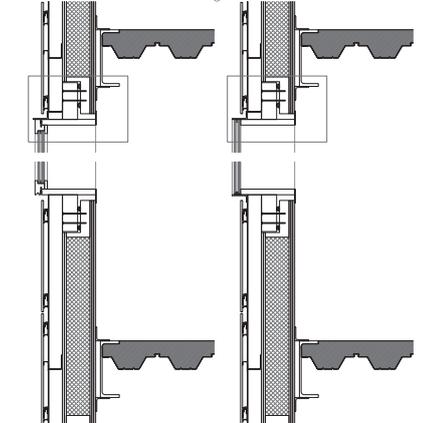
Resolución de hueco. Panel homogéneo monofuncional rectangular.



Resolución de hueco. Panel heterogéneo multifuncional nervado.



Resolución de hueco. Panel heterogéneo multifuncional sándwich.



Resolución de hueco. Panel homogéneo monofuncional rectangular.



Resolución de hueco. Panel heterogéneo multifuncional ranurado.



Resolución de hueco. Panel heterogéneo multifuncional sándwich.



Resolución de hueco. Panel heterogéneo multifuncional sándwich.



Resolución de hueco. Panel heterogéneo multifuncional sándwich.



Resolución de hueco. Panel heterogéneo multifuncional sándwich.



De forma adicional, se puede acompañar de una pestaña que actúe a modo de barrera contra la penetración del agua, pero dejando en cualquier caso una vía de salida en el borde inferior.

Proceso de reparación del sellado: Cualquier trabajo de reparación en el sellado consistirá en el desmontaje de la carpintería y sustitución de los burletes por otros en buen estado. En caso de que el error se deba a un fallo en la dimensión de la carpintería, la corrección deberá pasar por la utilización de burletes de mayor tamaño, y en caso de que no sea esto posible, por la corrección de la carpintería.

En la junta ubicada a haces exteriores, de no existir otro medio posible se podrá disponer una cinta elástica adhesiva, suponiendo la pérdida del principio de prefabricación característico del sistema.

7.3.4.- Lámina de sellado.

A diferencia del anterior caso basado en la disposición de burletes, la estanqueidad en el hueco se obtiene a través de la mediación de una lámina de goma, permitiendo con ello una mayor libertad en el ajuste de la carpintería así como una mayor sencillez geométrica de esta y de los paneles en sus cantos.

La fijación de los bordes de la lámina podrá ser efectuada por mediación de un adhesivo o bien mediante la aplicación de una presión homogénea. Dicha lámina podrá formar parte de la carpintería, siendo previamente adherida a esta, o definirse como un componente independiente de colocación en obra. El primer caso, aparte de ser el que mayores garantías de éxito ofrece, será la opción que se aproxime de forma más rigurosa al principio de prefabricación, permitiendo así una mayor sencillez en las labores de montaje y desmontaje al reducir la posibilidad de debilitamientos en el sellado a la superficie de contacto con el panel o paneles. Asimismo, permite el ensayo riguroso del componente en condiciones controladas.

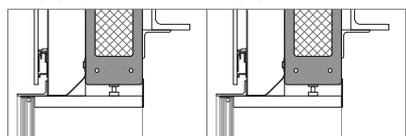
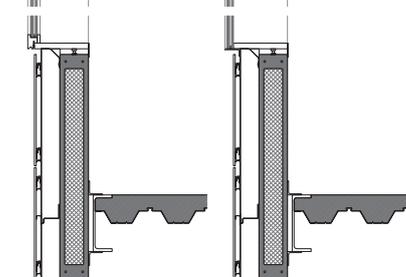
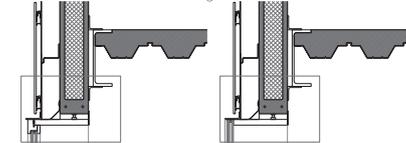
En el caso de que la lámina sea adherida o fijada por presión en obra, existe la posibilidad de una ligera incompatibilidad dimensional en la unión con la carpintería o el premarco, con lo que difícilmente se logrará un sellado efectivo. En estos casos, la pieza deberá ser corregida adecuadamente, por lo que en vistas de evitar dicha problemática, la coordinación entre los talleres encargados de la realización de ambos componentes debe ser máxima.

Las características formales de la solución final posibilitan una mayor libertad de movimiento entre carpintería y paneles, por lo que las dilataciones que sufran los diferentes materiales difícilmente llegarán a crear algún problema por incompatibilidad dimensional en el sistema. No obstante, de tener lugar algún fallo en el sellado de los bordes, los problemas derivados pueden ser mucho más acusados y sin limitarse únicamente a la estanqueidad al aire, pudiendo darse incluso estancamientos de agua si esta llega a infiltrarse en la cámara, con lo que en el momento de su detección el daño estaría muy avanzado.

Las superficies sobre las que se realice el pegado o bien la fijación por presión deben ser lo más regulares posible. Cualquier desconchado, rotura, etc. que puedan presentar las caras de los componentes, deberá ser reparado, y de igual modo no deberá haber polvo, partículas sueltas, grasas, pinturas, o aceites, especialmente si se desea recurrir a adhesivos. Según el caso, será conveniente la aplicación de imprimaciones promotoras de la adherencia.

Condiciones de sellado especiales: El proceso de sellado en caso de apertura de huecos en recintos con

Resolución de hueco. Panel heterogéneo multifuncional sándwich.



protección frente al fuego y humo será homólogo al expuesto en el punto 5.3.2. una vez seleccionada la carpintería y vidriado adecuados para la instalación.

En este caso, debido al proceso de colocación en el hueco, será conveniente que los cordones intumescentes se presenten ya adheridos en la carpintería, quedando dispuestos al mismo tiempo que se fija esta.

Proceso de aplicación del sellado: El proceso de ejecución del sellado con lámina de goma variará ligeramente en función del método de unión a los soportes. En cualquiera de los dos casos, será recomendable que la superficie de contacto con la goma se encuentre limpia y seca, tal como se ha comentado, además de presentar una planeidad suficiente en las zonas de solape.

Si se opta por la unión con mediación de adhesivo, será recomendable la aplicación de una imprimación promotora de adherencia, para a continuación aplicar el adhesivo sobre las superficies a unir. Una vez transcurrido el tiempo determinado por el fabricante, se unirán los componentes y se aplicará una presión uniforme hasta la finalización del secado, garantizando con ello que no queden vías de paso al aire. En caso de recurrir a la fijación por presión, será necesario contar con perfiles metálicos o bien de madera que permitan la sujeción del extremo de la lámina para a continuación proceder a su atornillado. El reparto de los puntos de unión deberá ser uniforme en todo el perímetro.

Proceso de reparación del sellado: Cualquier reparación consistirá en la sustitución de la lámina perimetral al hueco. En caso de que esta forme parte de la carpintería, esta deberá ser retirada en su totalidad para poder efectuar los trabajos en taller, en caso contrario, bastará con el levantamiento de las piezas de hoja ligera exterior y realización de un nuevo sellado reponiendo la lámina dañada.

7.4.- Perforaciones.

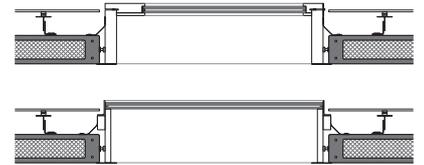
Las perforaciones realizadas en los paneles de hoja interior podrían llegar a poner en riesgo la estanqueidad del cerramiento si no se realizan de forma adecuada. Será necesario replantear los puntos de anclaje de la subestructura, componente que mayores exigencias impone a este respecto, para asegurar que no se generan debilitamientos, teniendo en cuenta en todo caso el espesor de las paredes a taladrar en la estimación de la profundidad de perforación. En el caso particular de que los cantos de forjado sean accesibles, será conveniente no alterar ninguno de los componentes de hoja interior y fijar la subestructura, y de forma paralela, si los paneles disponen de algún medio de unión colaborativa horizontal mediante grapas metálicas, estas podrán incorporar los mecanismos de anclaje, reduciendo el número total de fijaciones.

En paneles homogéneos de medio o gran espesor no será preocupante la posibilidad de infiltraciones ya que reara vez el taladro realizado será pasante, en cambio si estos son huecos o ranurados, el espesor de la pared disponible será fundamental. En estos casos se deberá colocar una arandela de sellado sometida a presión para poder garantizar la estanqueidad.

7.5.- Encuentros complejos.

La constitución de los cerramientos conlleva la necesidad de realizar encuentros complejos para poder articular

Resolución de hueco. Panel heterogéneo multifuncional sándwich.



i34. Sellado de huecos. Torre Agbar, Barcelona.



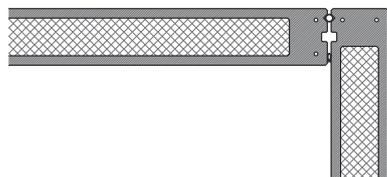
i35. Arandela metálica. Permite el reparto de la presión de forma uniforme sobre la perforación.



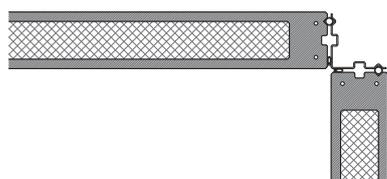
i36. Arandela de sellado. La capacidad de adaptación a la superficie del soporte permite el sellado.

los cambios de plano, así como resulta fundamental para la resolución de conexiones entre sistemas diferentes. Según cuales sean las exigencias a las que se atienda, podremos hablar de esquinas o bien de remates de fachada.

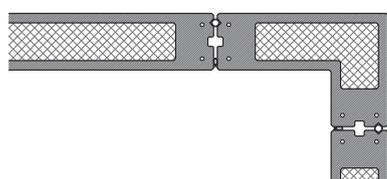
Panel modificado de esquina.



Pieza especializada de esquina



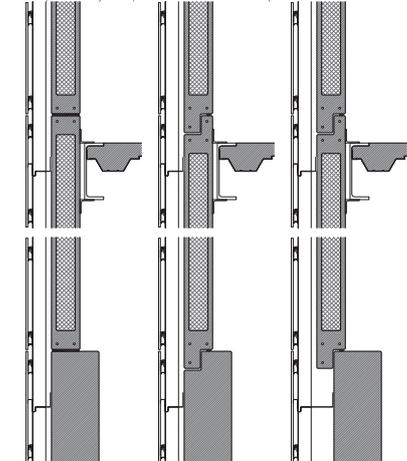
Panel especializado de esquina.



Arranque de hoja coincidente. Sellado grueso.

Arranque de hoja coincidente. Encuentro inequívoco.

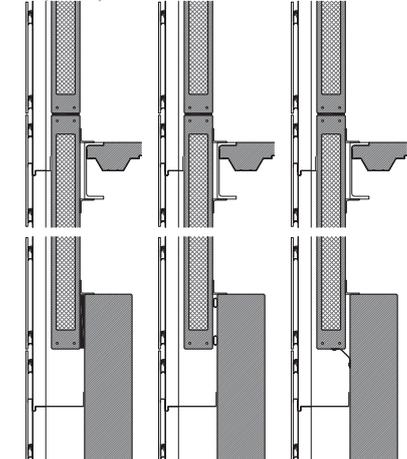
Arranque de hoja desplazado. Encuentro inequívoco.



Arranque de hoja no coincidente. Sellado grueso.

Arranque de hoja no coincidente. Burletes de sellado.

Arranque de hoja no coincidente. Lámina de sellado.



7.5.1.- Esquinas.

La resolución de la estanqueidad en las esquinas cumplirá primordialmente los principios de sellado ya comentados en los encuentros entre paneles. Lleva asociada la utilización de piezas especializadas, si bien estas podrán constituirse como componentes de función única de esquina, o como alteraciones de los paneles regulares para posibilitar el cambio de plano. Recurrir a un panel modificado, además de otorgar una mayor simplicidad al proceso constructivo, reduce el número de juntas a la mitad respecto a la otra opción, si bien la decisión de optar por una u otra estará muchas veces más condicionada por las exigencias geométricas a salvar, la modulación, o el largo total de la fachada.

El sistema de panel adaptado será muy adecuado para construcciones moduladas y de encuentros únicamente a 90º, en cambio, recurrir a piezas diseñadas específicamente permite mayor adecuación dimensional, al margen de modulaciones estrictas y permitiendo multitud de ángulos. Con todo, el coste de elaboración será mucho mayor en este último tipo, pues a diferencia del primero no será posible la inclusión de las piezas dentro de catálogo.

7.5.2.- Arranques y remates de fachada.

Los remates de fachada se encuentran sometidos a multitud de particularidades, entre ellos el tipo de cubierta, que hacen de cada solución un ejemplo único, por lo que resulta casi imposible establecer una clasificación cerrada de las diferentes posibilidades de obtención de estanqueidad. Así por ejemplo, si la cubierta es plana, con toda probabilidad la estanqueidad quedará asegurada al tiempo que se efectúa la impermeabilización, pero si por el contrario no se dispone ningún componente superficial continuo, el encuentro entre forjado y hoja interior deberá dotarse de un sellado perimetral específico, posiblemente mediante pastas o láminas adheridas.

En el caso de los arranques de fachada, por el contrario, suele presentar la constante del encuentro con los muros de sótano o de forjado sanitario. En esta situación, se podrán plantear dos posibilidades.

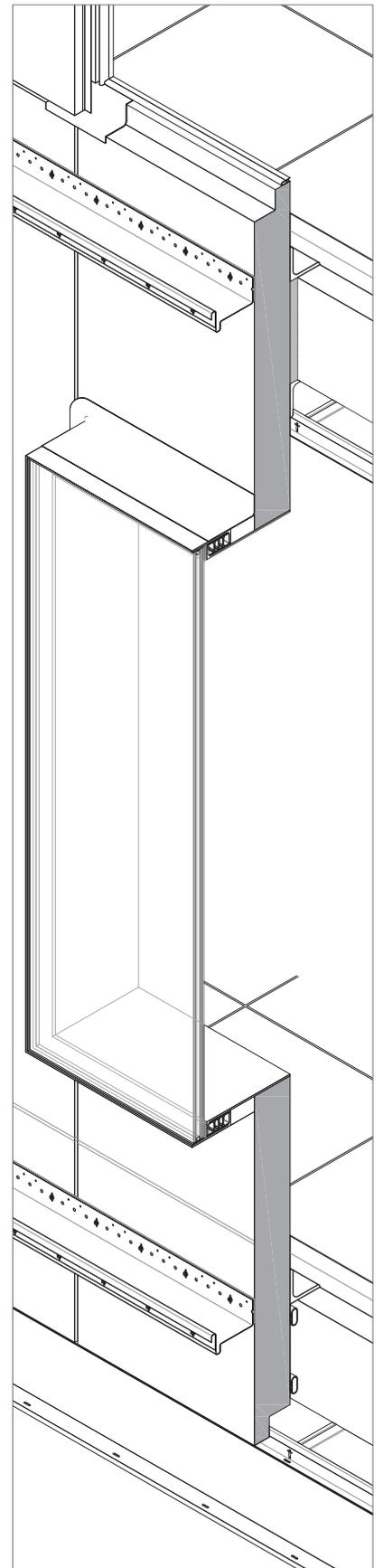
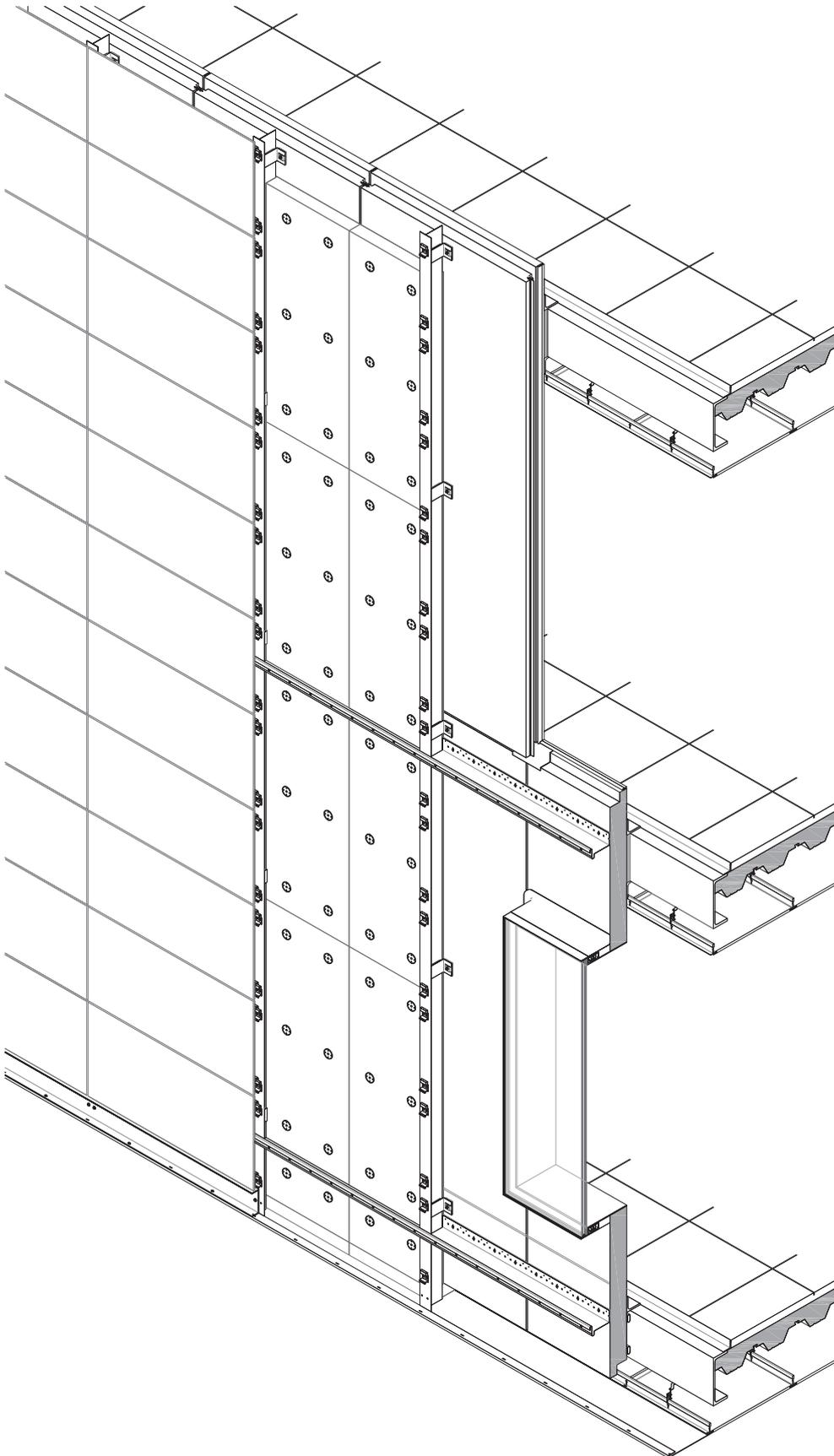
Arranque de hoja interior coincidente con el muro: El arranque coincidente posibilita el sellado de capa gruesa grueso, el sellado de superficie, o incluso el sellado mediante junta abierta con encuentro inequívoco, en caso de que se consiga dotar al muro de la geometría de machihembrado requerida. El proceso de realización de estos sellados será idéntico al aplicado entre paneles de hoja interior.

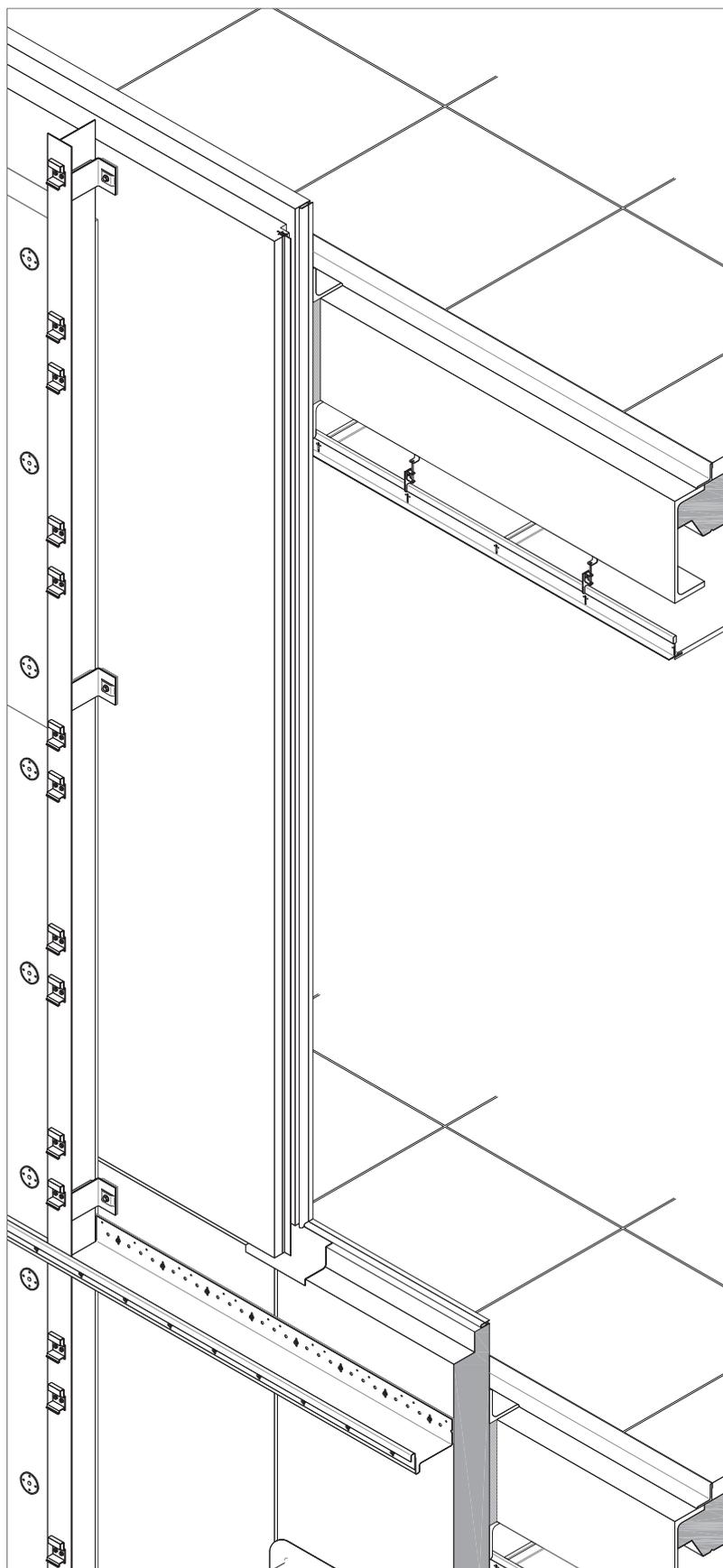
Arranque de hoja interior desplazado con el muro: Desplazamiento ligero entre muro y paneles, permite el encuentro inequívoco sin necesidad de realizar geometrías complejas en el primero.

Arranque de hoja interior no coincidente con el muro: En estos casos, se podrá recurrir a la superficie de solape entre panel y muro, pudiendo ser el sellado de capa gruesa, con burletes sometidos a presión, o bien con lámina de sellado.

Capítulo 8. RESOLUCIÓN TÉCNICA DE HOJA.

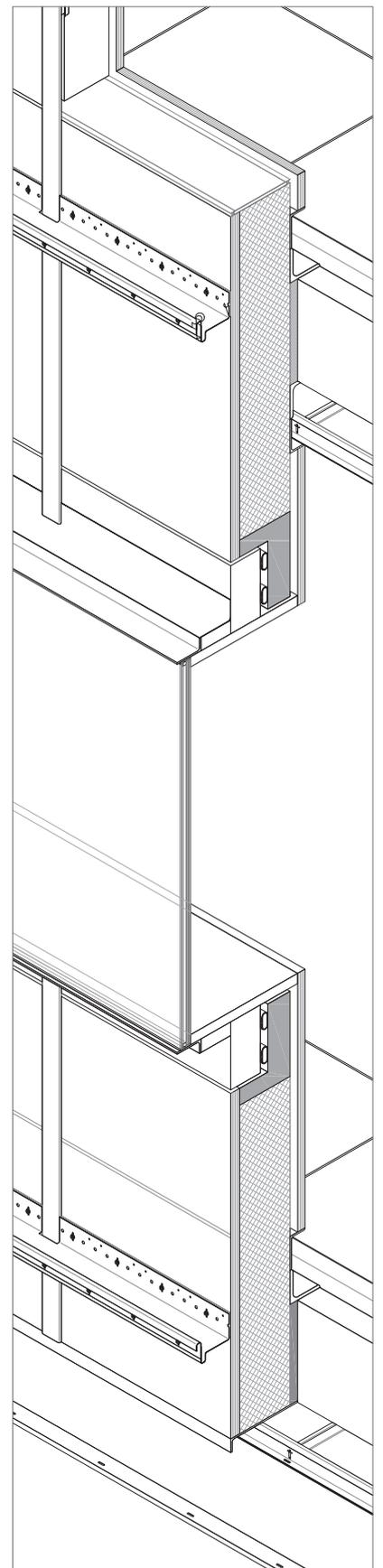
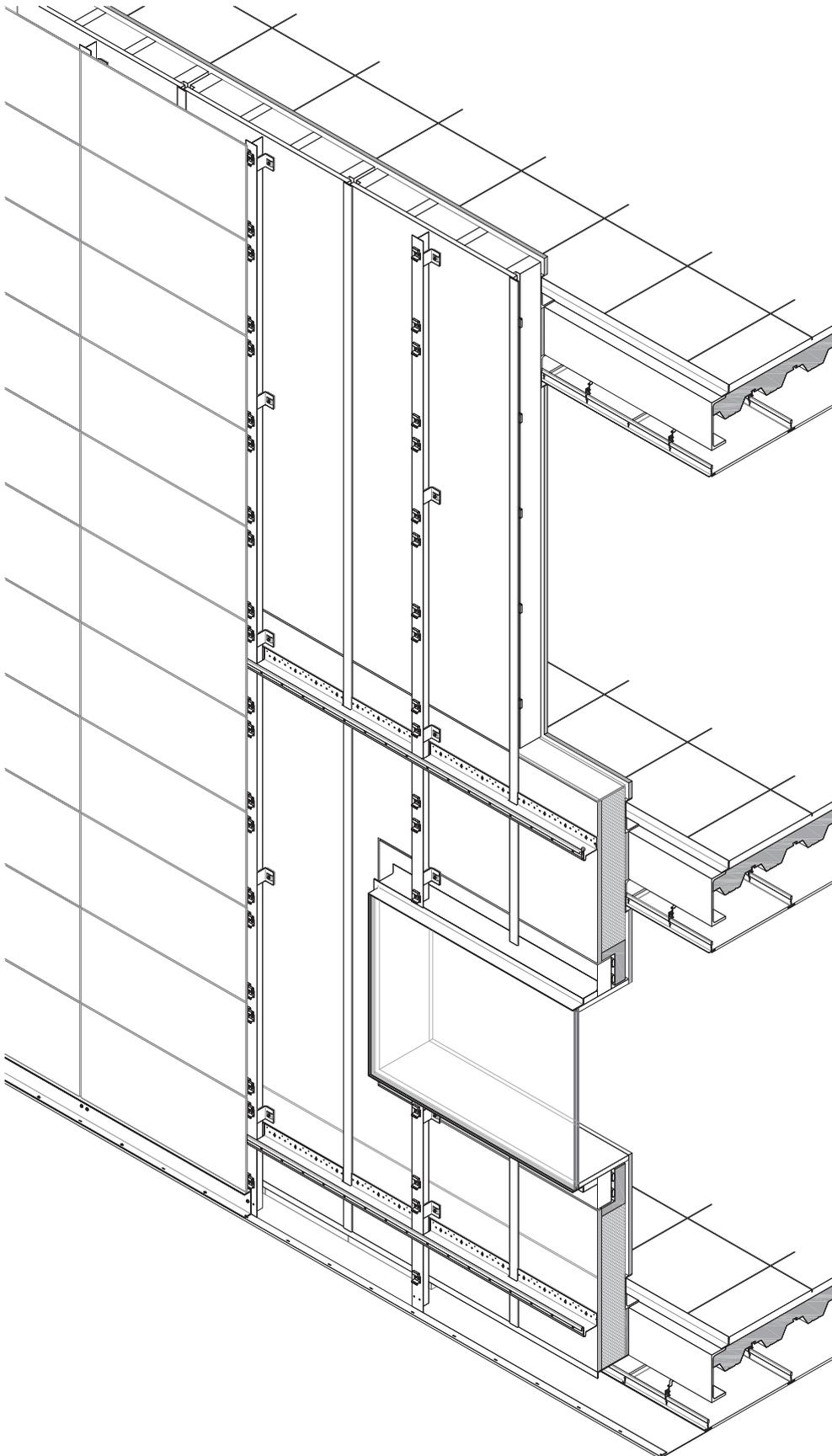
8.- Resolución técnica de hoja. Modelo 01.

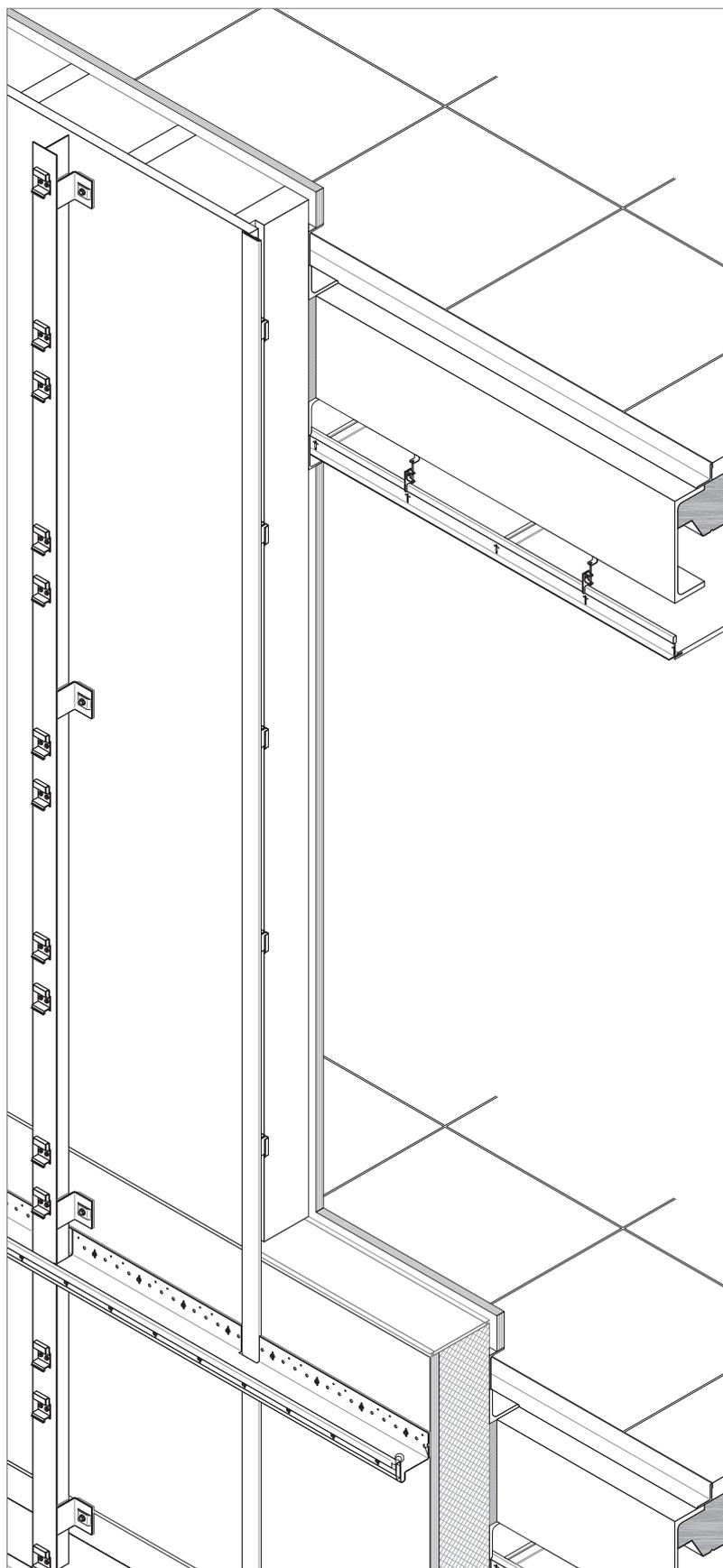




- **Clase de panel:**
Panel homogéneo monofuncional de hormigón ligero armado con redondos de acero [Ho.2.Mo].
- **Anclaje de panel:**
Anclaje continuo en la cara superior del forjado por medio de un perfil en L fijado a la cara interna de los paneles.
- **Sectorización:**
Sectorización entre estancias frente a la acción del fuego mediante el tratamiento con pinturas intumescentes del perfil de anclaje.
Sectorización de la cámara frente al paso de la llama mediante la utilización de fondos de junta intumescentes.
- **Sellado de junta vertical:**
Junta abierta con realizada con pasta de sellado y disposición de barrera contra la penetración de agua de lluvia. En los remates de paneles se dispone una lámina de goma para posibilitar la expulsión de las filtraciones puntuales.
- **Sellado de junta horizontal:**
Junta abierta en encuentro machihembrado realizada con pasta de sellado.
- **Sellado de hueco:**
Sellado de hueco por continuidad. La elaboración conjunta del panel con la carpintería asegura la unión perfecta entre materiales.
- **Sellado inferior:**
Sellado en el canto del forjado inferior por medio de burletes de goma incorporados al panel en taller.

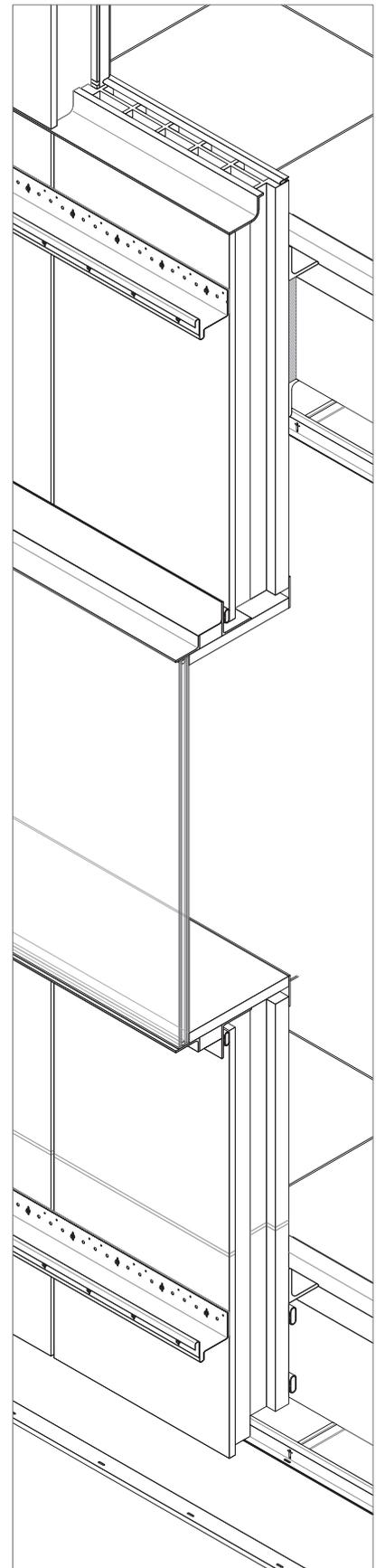
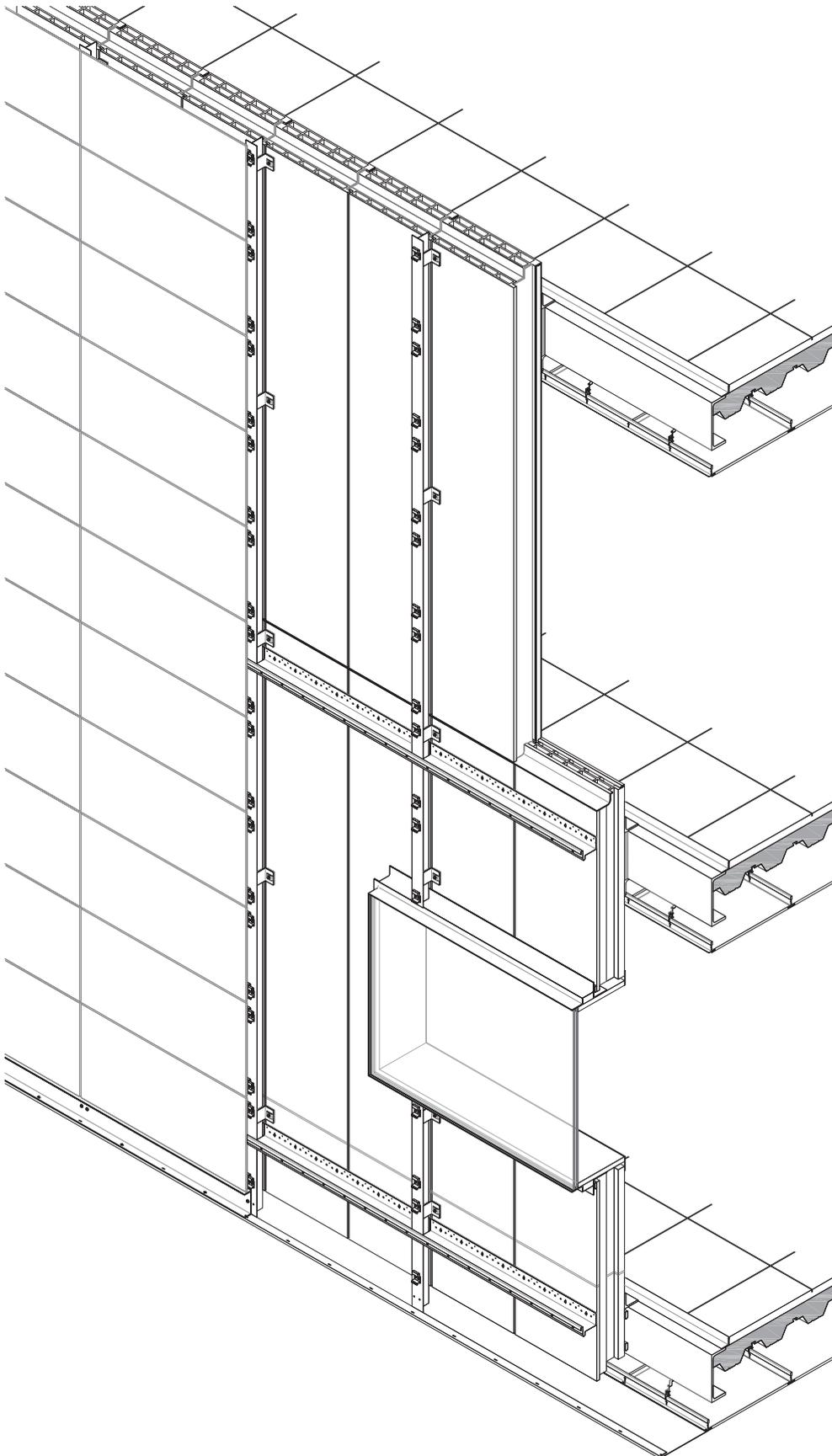
8.- Resolución técnica de hoja. Modelo 02.

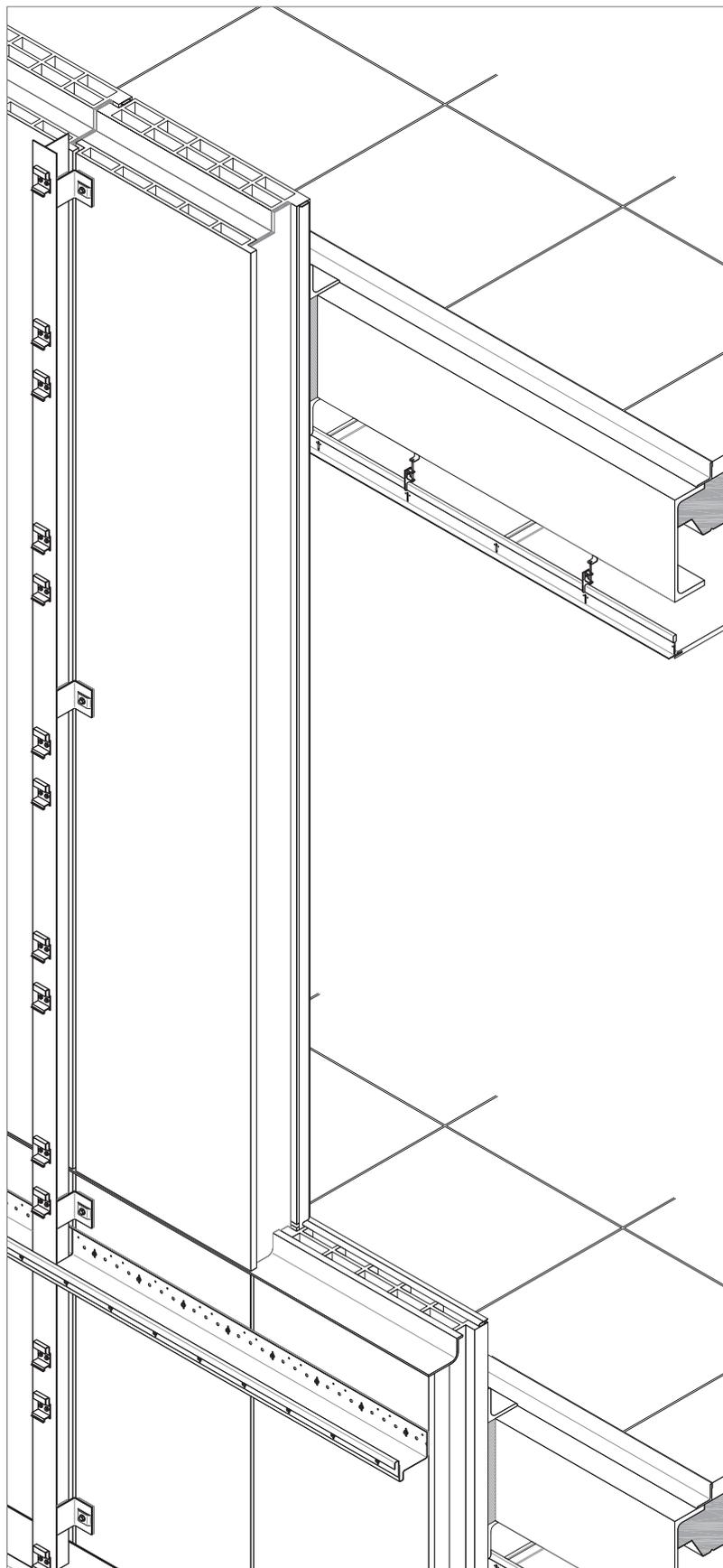




- **Clase de panel:**
Panel heterogéneo multifuncional nervado de madera contrachapada y nervios de madera aserrada [He.3.Mu].
- **Anclaje de panel:**
Anclaje continuo en la cara superior del forjado por medio de un perfil en L fijado a la cara interna de los paneles.
- **Sectorización:**
Sectorización entre estancias frente a la acción del fuego mediante el tratamiento con pinturas intumescentes del perfil de anclaje.
Sectorización de la cámara frente al paso de la llama mediante revestimiento interior de madera contrachapada.
- **Sellado de junta vertical:**
Junta cerrada con perfil preformado exterior de goma y grapas de fijación de acero.
- **Sellado de junta horizontal:**
Junta de sellado grueso con núcleo interior de espuma de poliuretano y sellado exterior con mástic.
- **Sellado de hueco:**
Sellado de hueco con burletes de goma incorporados a la carpintería. Para evitar la acumulación de agua se dispone una lengüeta de goma.
- **Sellado inferior:**
Sellado en el canto del forjado inferior en capa gruesa.

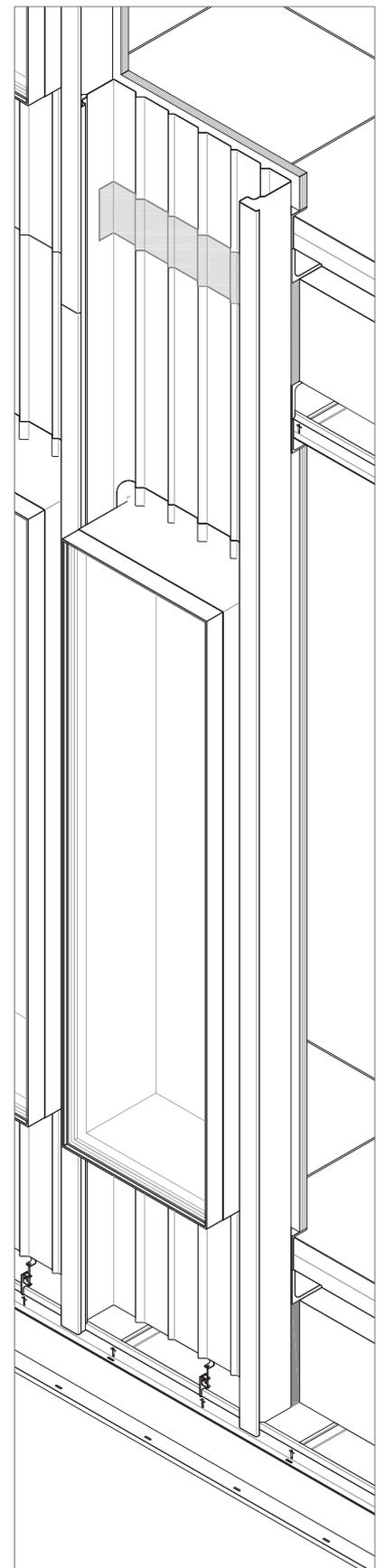
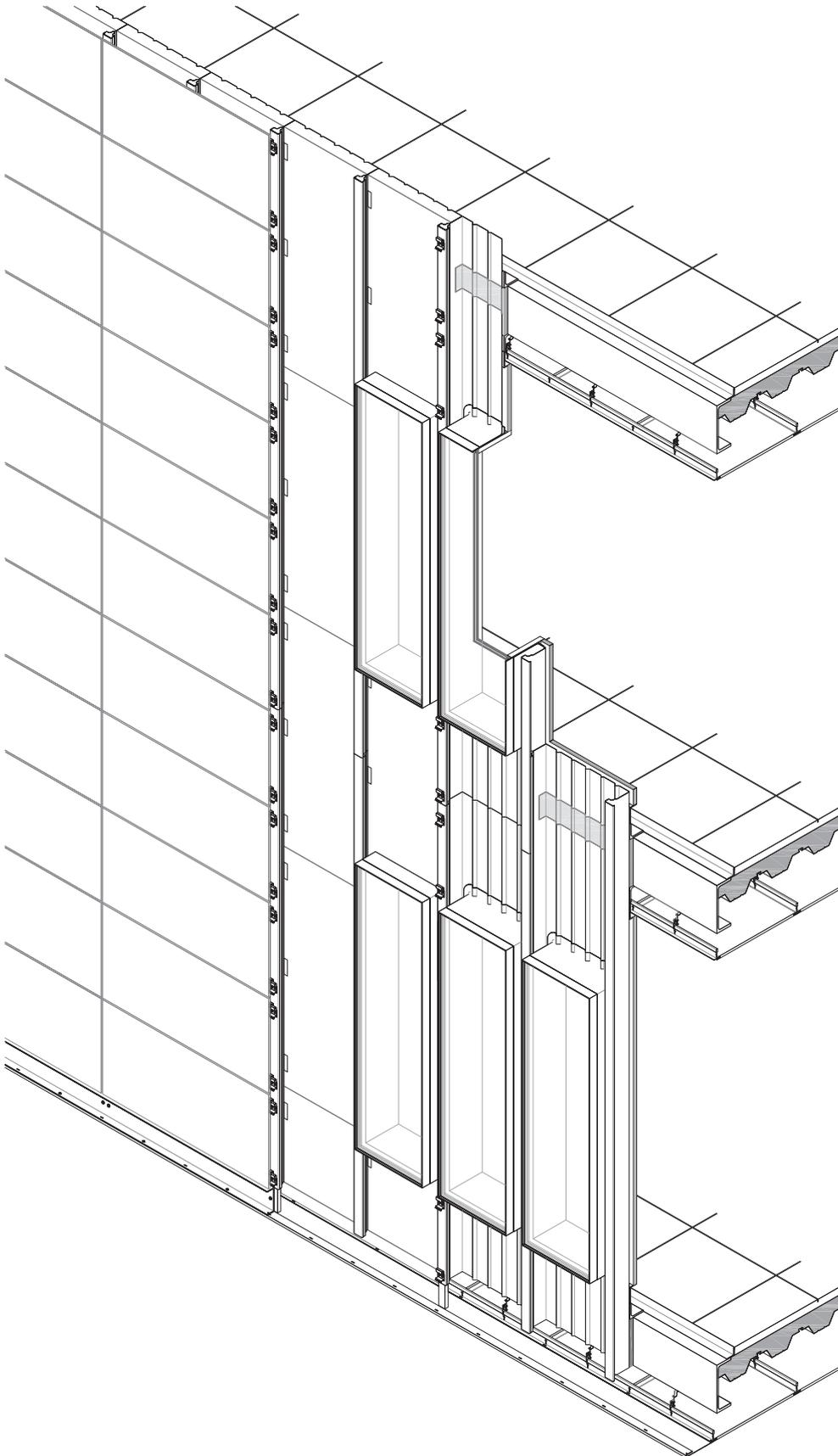
8.- Resolución técnica de hoja. Modelo 03.

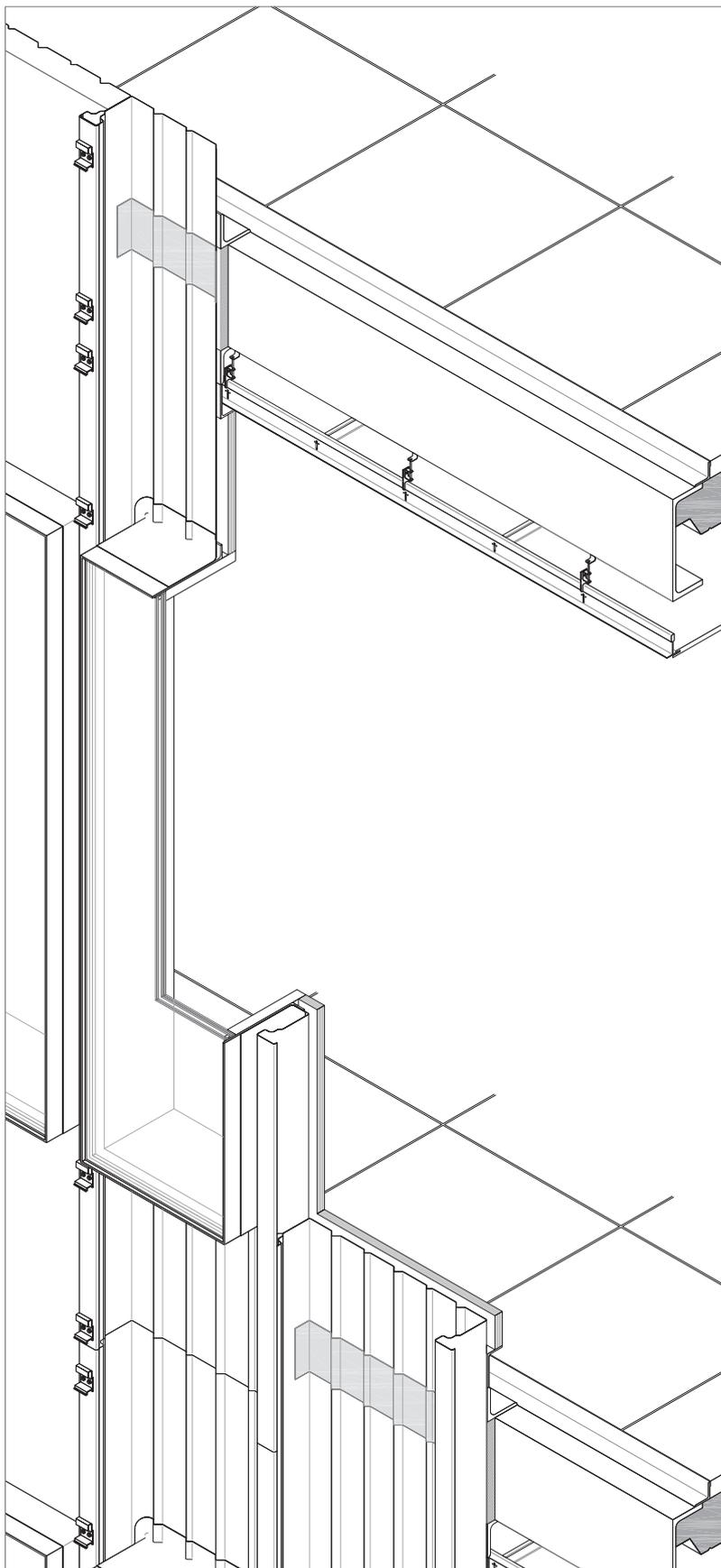




- **Clase de panel:**
Panel heterogéneo multifuncional de cerámica aligerada [He.3.Mu].
- **Anclaje de panel:**
Anclaje continuo en la cara superior del forjado por medio de un perfil en L fijado a la cara interna de los paneles.
- **Sectorización:**
Sectorización entre estancias frente a la acción del fuego mediante el tratamiento con pinturas intumescentes del perfil de anclaje.
Sectorización de la cámara frente al paso de la llama mediante la utilización de fondos de junta intumescentes.
- **Sellado de junta vertical:**
Junta de sellado grueso con mortero sin retracción o grout.
- **Sellado de junta horizontal:**
Junta abierta en encuentro machihembrado realizada con pasta de sellado, con lengüeta plástica para expulsión de filtraciones puntuales.
- **Sellado de hueco:**
Sellado de hueco con burletes de goma incorporados a la carpintería. Para evitar la acumulación de agua se dispone una lengüeta de goma.
- **Sellado inferior:**
Sellado en el canto del forjado inferior por medio de burletes de goma incorporados al panel en taller.

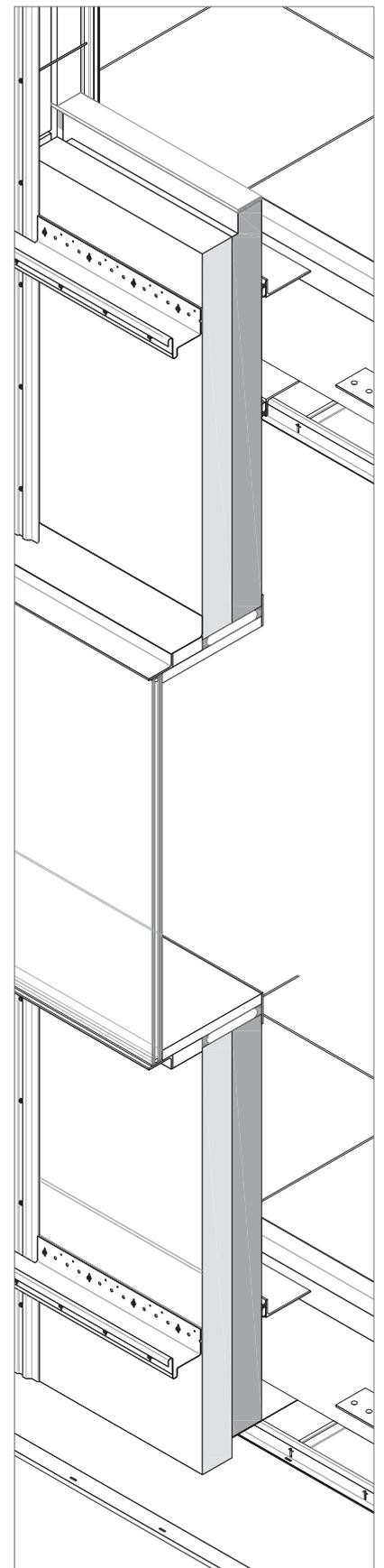
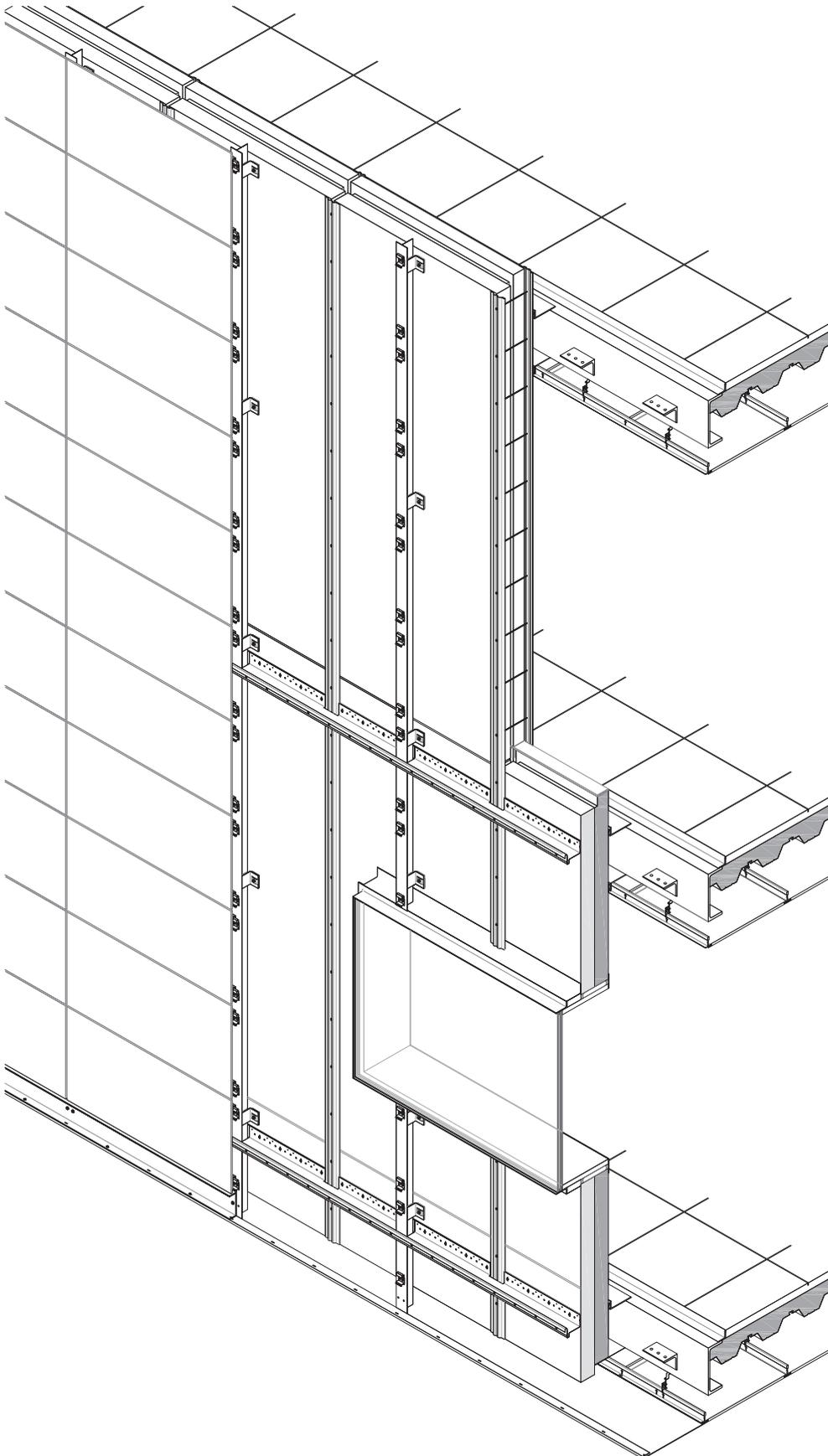
8.- Resolución técnica de hoja. Modelo 04.

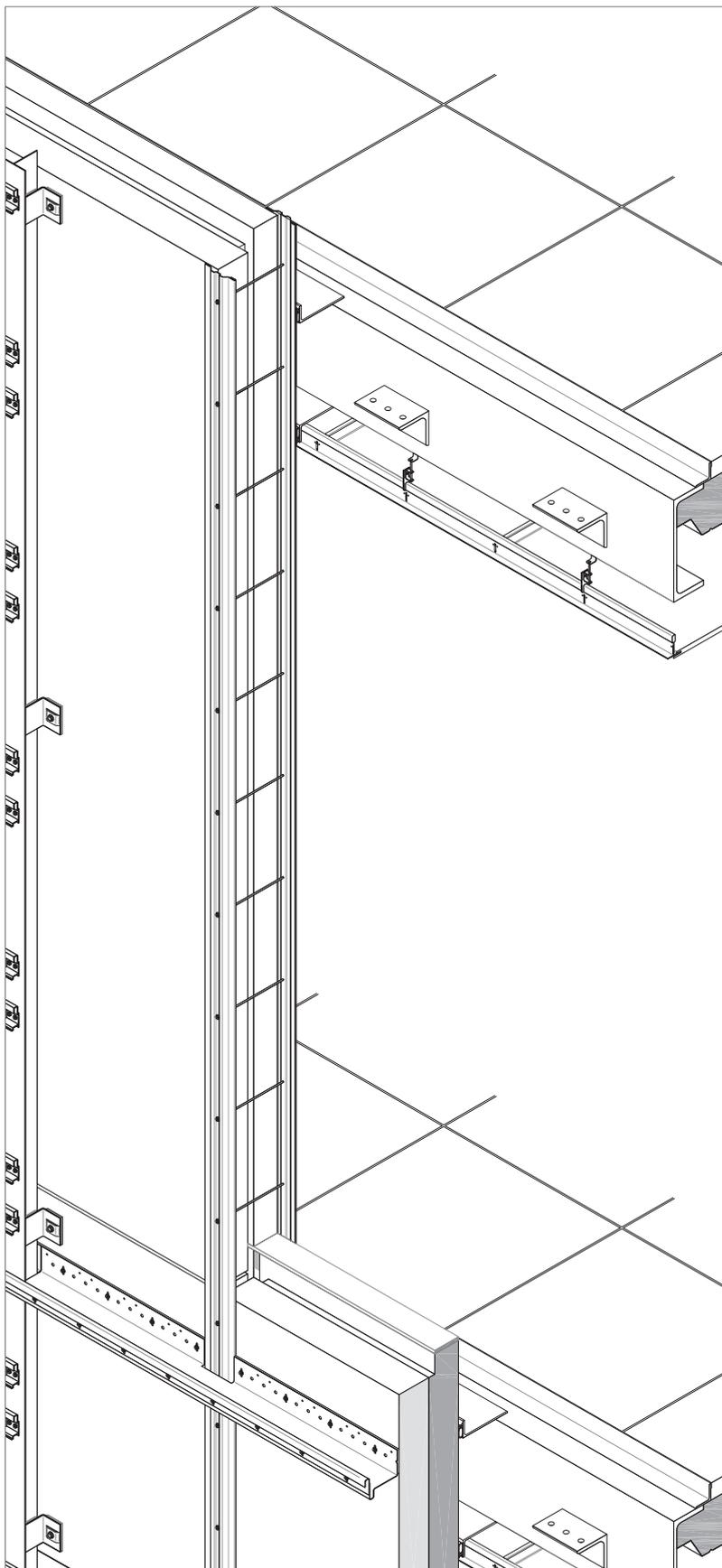




- **Clase de panel:**
Panel heterogéneo monofuncional a modo de bandeja de acero [He.2Mo].
- **Anclaje de panel:**
Anclaje continuo en la cara superior del forjado por medio de un perfil en L fijado a la cara interna de los paneles.
- **Sectorización:**
Sectorización entre estancias frente a la acción del fuego mediante el tratamiento con pinturas intumescentes del perfil de anclaje.
Sectorización de la cámara frente al paso de la llama mediante revestimiento interior de madera contrachapada.
- **Sellado de junta vertical:**
Junta de sellado por solape con disposición de cinta butílica entre las dos chapas.
- **Sellado de junta horizontal:**
Junta de sellado por solape con disposición de cinta butílica entre las dos chapas.
- **Sellado de hueco:**
Sellado de hueco con lámina de sellado en todo el perímetro de la carpintería. La disposición de la misma variará en función del grado de prefabricación del hueco, pudiendo ser este parte del panel o no.
- **Sellado inferior:**
Sellado en el canto del forjado inferior en capa gruesa.

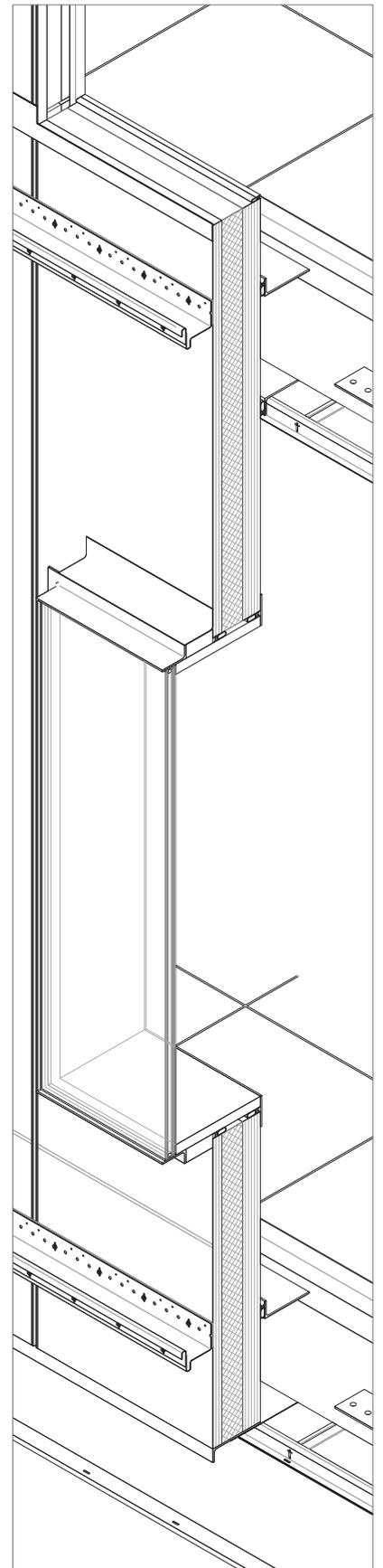
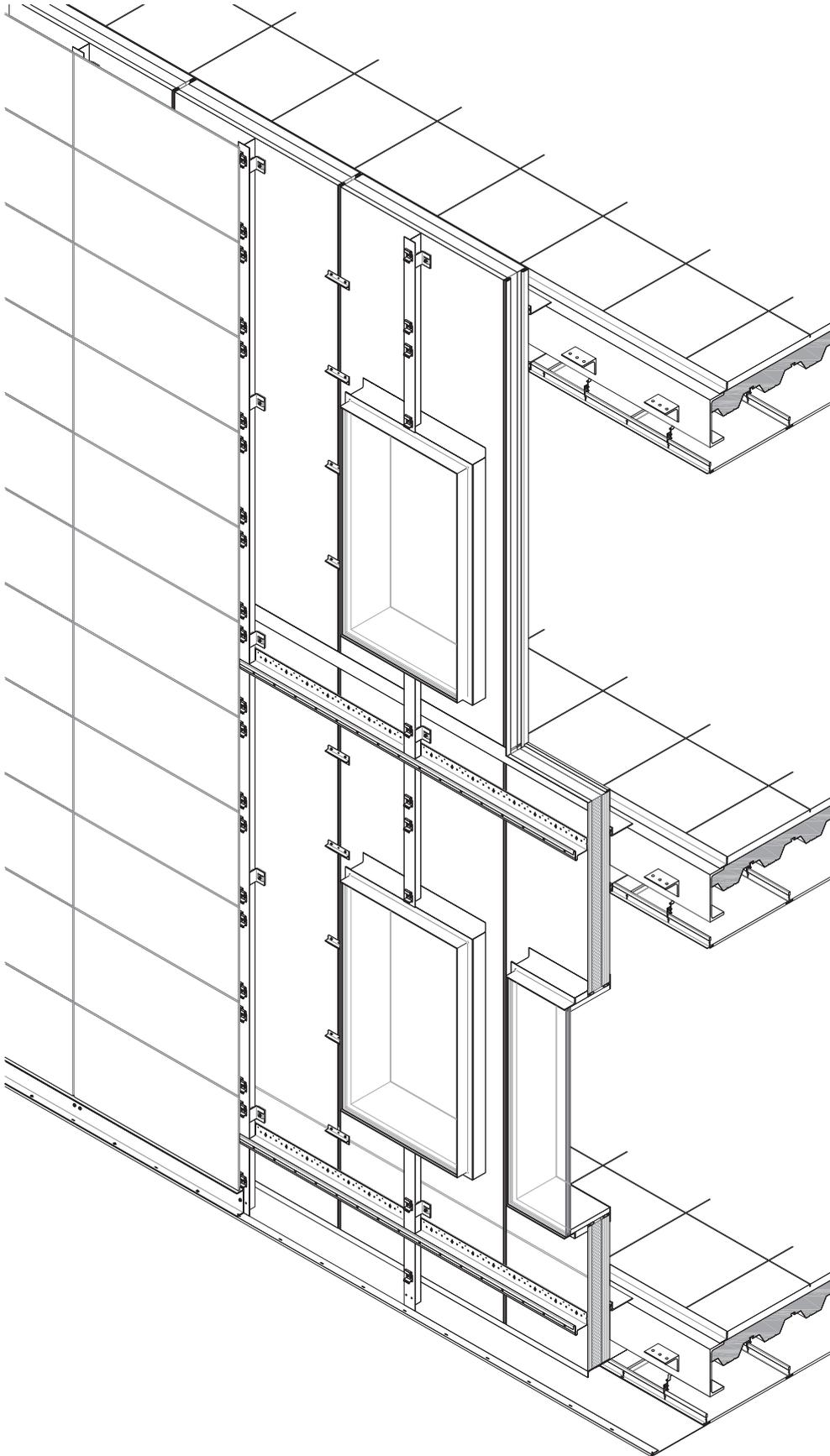
8.- Resolución técnica de hoja. Modelo 05.

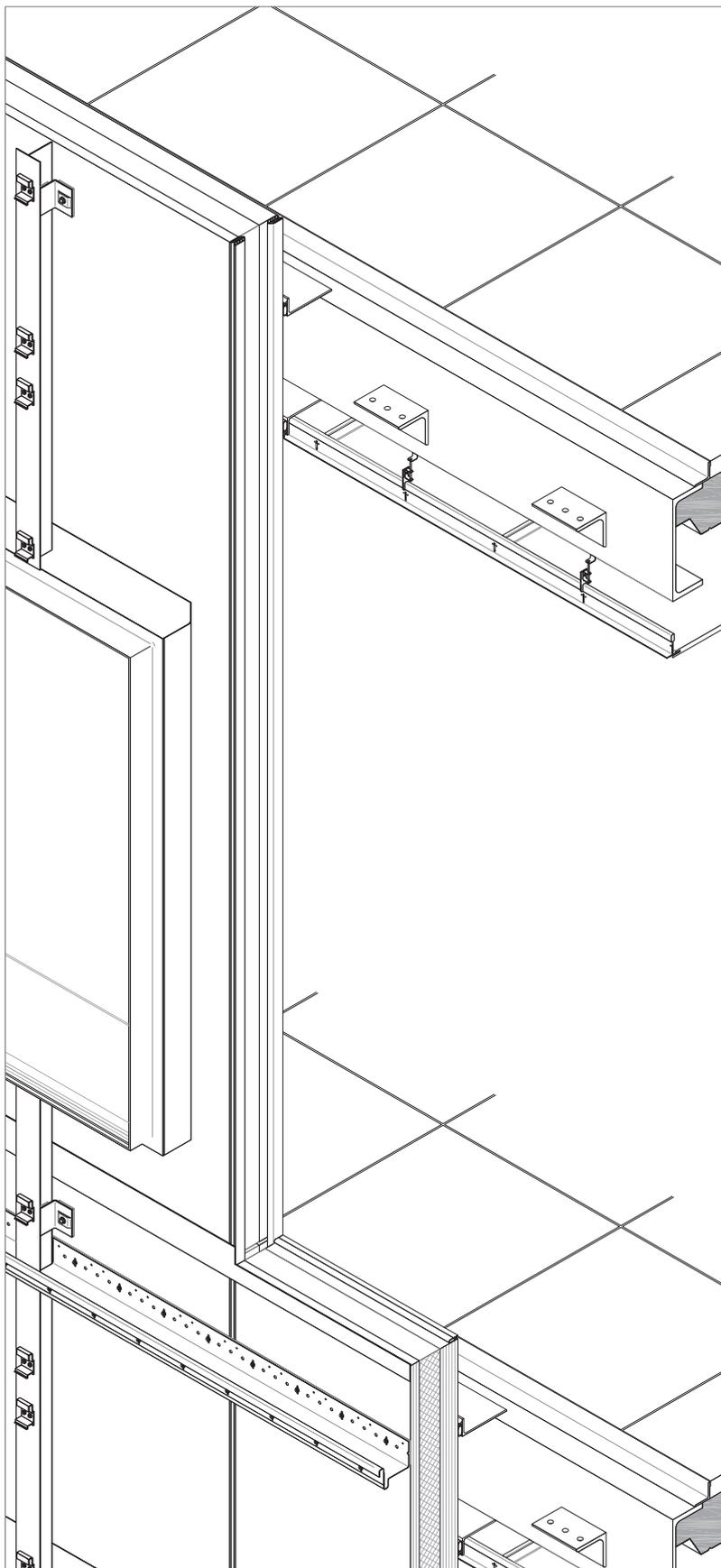




- **Clase de panel:**
Panel heterogéneo multifuncional de hormigón estratificado en diferentes dosificaciones [He.3Mu].
- **Anclaje de panel:**
Anclaje discontinuo en el canto del forjado, por medio de perfiles el L puntuales atornillados al panel en taller.
- **Sectorización:**
Sectorización entre estancias frente a la acción del fuego mediante el tratamiento con pinturas intumescentes del perfil de remate a la cara interior de los paneles. Se incorpora en este encuentro un cordón intumescente a modo de fondo de junta para el sellado.
Sectorización de la cámara frente al paso de la llama mediante el tratamiento con pinturas intumescentes de las presillas de sellado.
- **Sellado de junta vertical:**
Junta cerrada con doble perfil preformado en presilla.
- **Sellado de junta horizontal:**
Junta de sellado grueso con mortero sin retracción o grout.
- **Sellado de hueco:**
Sellado de hueco en capa gruesa con núcleo interior de espuma de poliuretano y sellado exterior con mástic.
- **Sellado inferior:**
Sellado en el canto del forjado inferior con lámina adherida.

8.- Resolución técnica de hoja. Modelo 06.





- **Clase de panel:**
Panel heterogéneo multifuncional sándwich de madera contrachapada [He.2Mu].
- **Anclaje de panel:**
Anclaje discontinuo en el canto del forjado, por medio de perfiles el L puntuales atornillados al panel en taller.
- **Sectorización:**
Sectorización entre estancias frente a la acción del fuego mediante el tratamiento con pinturas intumescentes del perfil de remate a la cara interior de los paneles. Se incorpora en este encuentro un cordón intumescente a modo de fondo de junta para el sellado.
Sectorización de la cámara frente al paso de la llama mediante la utilización de perfiles preformados intumescentes.
- **Sellado de junta vertical:**
Junta cerrada con perfiles preformados de goma adheridos a los cantos de los paneles.
- **Sellado de junta horizontal:**
Sellado de superficie mediante cinta butílica autoadhesiva en la cara externa.
- **Sellado de hueco:**
Sellado de hueco con inserción de fondos de junta intumescentes y pasta de sellado exterior.
- **Sellado inferior:**
Sellado en el canto del forjado inferior con lámina adherida.

BIBLIOGRAFÍA.

- ALONSO P., FERNÁNDEZ J., & ALONSO P. (2010). Contribución del anclaje en el comportamiento térmico de fachadas ventiladas. *VI Congreso Internacional sobre Patología y Recuperación de Estructuras*. Córdoba, Argentina.
- ÁLVAREZ A., & PÉREZ J. (2007). Fachadas ventiladas y aplacados. Requisitos constructivos y estanqueidad. Murcia, Murcia, España.
- AVELLANEDA J. (1999). La construcción en madera hoy. *Tectónica No.11, Madera (I). Revestimientos*, 04-05.
- BARLUENGA G. Tesis Doctoral. *La junta en los sistemas de elementos para fachada. Función constructiva, compositiva y estructural*. Dpto. de Construcción y Tecnología Arquitectónicas, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- BENTO M. (2010). Los sistemas de cerramiento de fachadas ventiladas y el CTE. *ConArquitectura No.35*, 73-83.
- CENTELLES A., HUEDO P., MONFORT L., & PITARCH A. *Entrada de agua en las juntas de las fachadas ventiladas*. Obtenido de World congress on ceramic tile quality: www.qualicer.org
- CHOW G., BROWN W., & POIRIER G. (1997). *Construction Technology Update No.09*. Obtenido de National Research Council Canada. Institute for Research in Construction: www.nrc-cnrc.gc.ca
- ERCILLA R. (1998). Prólogo: Arquitectura en seco, esencia constructiva. *Tectónica No.07, Junta seca. Dossier de construcción 1*, 02-03.
- FERNÁNDEZ C., & RODRÍGUEZ P. Proyecto de investigación. *Análisis del cerramiento con sistema de fachada trasventilada en el edificio hotel AC, construido en la zona del fórum Barcelona*. Dpto. de Construcciones Arquitectónicas, Universidad de A Coruña, A Coruña.
- GIANCOLA E. Tesis Doctoral. *El comportamiento energético de una fachada ventilada de juntas abiertas*. Dpto. de Construcción y Tecnología Arquitectónicas, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- HERNÁNDEZ F., DEL RÍO M., & SANTA CRUZ J. Proyecto de investigación. *Paneles de GRC para las viviendas de bajo coste y otras aplicaciones para atender determinadas situaciones de emergencia y catástrofe*. Dpto. de Construcción y Tecnología Arquitectónicas, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- HUETE-FUERTE R. (1987). El arquitecto y el diseño de paneles prefabricados de fachada. *RE. Revista de edificación No.01*, 11-15.
- MARCOTE M. A., MARIÑO M., & VARELA M. Proyecto de investigación. *Situaciones sincrónicas de presión en dos fachadas trasventiladas adyacentes*. Dpto. de Construcciones Arquitectónicas, Universidad de A Coruña, A Coruña.
- PARDAL C. (2006). Evolución de la fachada ventilada y propuesta de futuro. *La fachada ventilada y ligera* (pág. 09). Bisagra.
- PARDAL C. Tesis Doctoral. *La hoja interior de la fachada ventilada. Análisis, taxonomía y prospectiva*. Dpto. de Construcciones Arquitectónicas, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.
- PARDAL C., & PARICIO I. (2014). Añagazas de la fachada ventilada. ¿Pluvial o revestida? *Palimpsesto*, 05.
- PARICIO I. (1995). La fachada ventilada con ladrillo cara vista. *NA: Nueva Arquitectura No.02*, 37-48.
- PÉREZ J., & ROCA N. R. (2012). Manual de prevención de fallos: Estanqueidad en fachadas. Murcia, Murcia, España.
- RODRÍGUEZ J. B., & RAYA A. (1995). La imposible levedad del muro. *Tectónica No.01, Envoltentes (I). Fachadas ligeras*, 10-21.
- ROSSEAU M., POIRIER G., & BROWN W. (1998). *Construction Technology Update No.17*. Obtenido de National Research Council Canada. Institute for Resarch in Construction: www.nrc-cnrc.gc.ca
- SÁNCHEZ J. F. Trabajo de investigación. *Paneles prefabricados de hormigón en fachadas*. Dpto. de Construcción y Tecnología Arquitectónicas, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- SANTA CRUZ J. Proyecto de investigación. *Innovación en materiales y sistemas constructivos. Los cerramientos prefabricados*. Dpto. de Construcción y Tecnología Arquitectónicas, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- SECO E. (1998). La unión en arquitectura. *Tectónica No.07, Junta seca. Dossier de construcción 1*, 04-19.
- Código Técnico de la Edificación (CTE)*. Ministerio de la Vivienda, Madrid: BOE, 2008. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. ISBN 9788434017375 Colección: Separatas del Boletín Oficial del Estado.

Documento de sitio web. *Absorventes acústicos: resonadores 3/5*. www.ingenieriaacusticafacil.com

Documento de sitio web. *Balloon frame*. www.es.wikipedia.org

Documento de sitio web. *Cómo es la fachada ventilada*. www.hispalit.es

Documento de sitio web. *Environmental building news. How rainscreens work*. www.buildinggreen.com

Documento de sitio web. *La pared medianera o el tabique pluvial*. www.informativojuridico.com

Documento de sitio web. *Resoladores de Helmohtz*. www.elruido.com

Sitio web de Riphorosa: www.riphorosa.com

Sitio web de Tecnyconta: www.tecnyconta.es

Sitio web de Ebawe: www.ebawe.de/es

Sitio web de Berma: www.grupoberma.com

Sitio web de Hormipresa: www.hormipresa.com

Sitio web de Joint: www.joint.it/esp

Sitio web de meTecno: www.metecno.es

Sitio web de Würth: www.wurth.es

Sitio web de Sika: www.esp.sika.com

Sitio web de Weber: www.weber.es

Sitio web de Mapei: www.mapei.com

Recursos fotográficos empleados:

i01 www.renaissance-homes.com

i02 www.bricktie.net

i03 www.tabicolor.com

i04 www.brandwende.com

i05 www.betoniarstwo-fanczak.pl

i06 www.dumazahrada.info

i07 www.terrafly.blogspot.com

i08 www.construnario.com

i09 www.construnario.com

i10 www.lopoterracotta.con/es

i11 www.panelesm3.com

i12 www.palsolidarity.org

i13 www.peritaarquitectura.blogspot.com

i14 www.dreamstime.com

i15 www.alonsoforo.blogspot.com

i16 www.ytongespana.wordpress.com

i17 www.ecoinsulatenw.com

i18 www.archiexpo.es

i19 www.embapoex.es

i20 www.decoracionesazuqueca.com

i21 www.meteriel.hellopro.fr

i22 www.holcimfoundation.org

i23 www.decustik.com

i24 www.pinterest.com

i25 www.melfoamacoustics.com

i26 www.hormigonprefabricado.trabajosenvertical.com

i27 www.defrias.es

i28 www.eash-diario.blogspot.com

i29 www.exsurgecistierna.blogspot.com

i30 www.momentumcooperativas.com

i31 www.innovamadelca.blogspot.com

i32 www.renatocilento.blogspot.com

i33 www.renatocilento.blogspot.com

i34 www.renatocilento.blogspot.com

i35 www.etm.tw

i36 www.alibaba.com