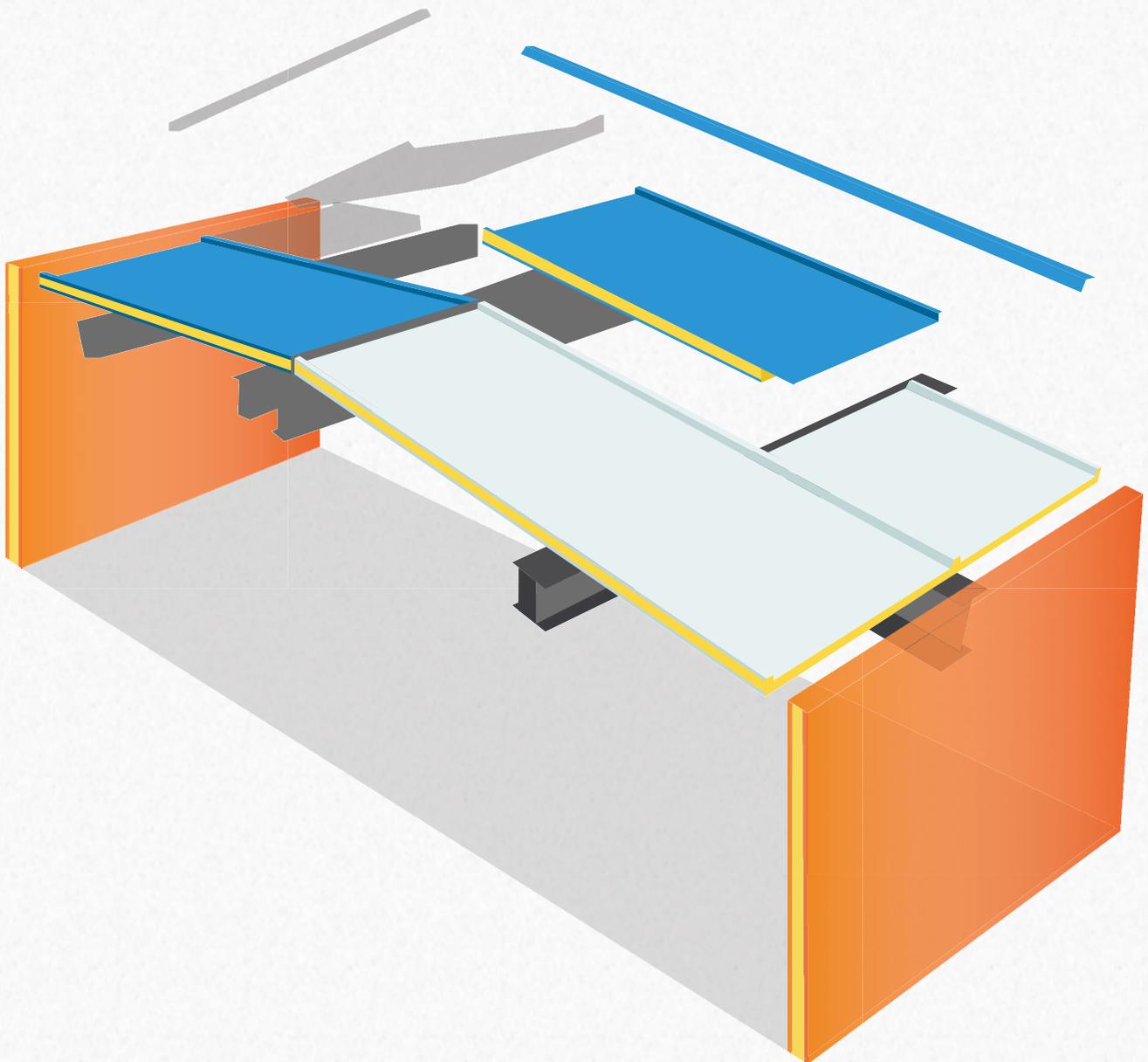




Manual de Instalación, Mantenimiento y Verificación de Construcciones con Paneles Sándwich

Edición 2018



**Manual de instalación, mantenimiento y verificación
de construcciones con paneles sándwich**

EDITORIAL CEPREVEN
AVDA. GENERAL PERÓN, 27 – 5ª PLANTA
28020 MADRID
REPRODUCCIÓN PROHIBIDA
ISBN: 978-84-96900-34-9
DEPÓSITO LEGAL: M-4225-2018

Índice de contenidos

Agradecimientos	4
Presentación	5
1. Objeto	6
2. Introducción	7
2.1. Productos de poliuretano	7
2.2. Productos de lana mineral	8
2.3. Generalidades sobre paneles sándwich	10
3. Comportamiento al fuego	14
3.1. Conceptos generales	14
3.2. Paneles sándwich de PUR y PIR	16
3.3. Paneles sándwich de lana mineral	17
4. Aspectos a tener en cuenta de los ensayos de fuego	18
4.1. Ensayos de reacción al fuego	18
4.2. Ensayos de resistencia al fuego	22
4.3. Tipos de informes	23
5. La inspección de instalaciones con paneles sándwich	25
5.1. Introducción	25
5.2. Entorno del panel	26
5.3. Panel sándwich	27
5.4. Medidas de protección pasiva y activa	28
5.5. Gestión de la seguridad contra incendios	33
6. Cálculo potencial calorífico superior (PCS) en paneles sándwich.	
Aplicación en establecimientos industriales	34
6.1. Expresiones de cálculo de la densidad de carga de fuego	34
6.2. Ejemplos de cálculo del PCS de un panel	36
7. Instalación y montaje de paneles sándwich	40
7.1. Fijaciones	41
7.2. Soluciones constructivas	42
8. Prácticas recomendadas en la manipulación y mantenimiento de paneles	60
8.1. Transporte y manipulación	60
8.2. Entorno del panel	60
8.3. Panel sándwich como producto	61
8.4. Actuaciones sobre el panel	61
8.5. Mantenimiento	64
8.6. Pintado	66
8.7. Malas prácticas	66
9. Bibliografía	68
ANEXO (Checklist)	70

Agradecimientos

Este Manual no habría sido posible sin la inestimable colaboración de la Comisión Técnica creada por CEPREVEN al efecto, en la que han participado:

- Mónica Herranz (AFELMA)
- Carlos Roderó (AFELMA)
- Mercedes Sánchez (AFELMA)
- Fernando Fernández (AXA)
- José Carlos Martín (CASER)
- Álvaro Morillas (GENERALI)
- Javier Mata (HELVETIA)
- José Manuel Fernández (IPUR)
- Elisenda Pagès (IPUR – HUURRE IBÉRICA)
- Francisco Poveda (PLUS ULTRA)
- Rubén Espada (PREPERSA)
- Jesús Marcos de la Fuente (REALE)
- Francisco Herranz (TECNIFUEGO-AESPI)
- Antonio Galán (Colaborador especialista)
- Jon Michelena (CEPREVEN)
- Miguel Vidueira (CEPREVEN)
- Mirna Rodríguez (CEPREVEN)
- Fabiola Díaz (CEPREVEN)

Esta Comisión ha trabajado durante seis meses sobre un texto que ha sido discutido en diferentes reuniones, al que se le han realizado sucesivas revisiones hasta llegar al presente documento.

Especial reconocimiento merecen las asociaciones sectoriales AFELMA (Asociación de Fabricantes Españoles de Lanas Minerales Aislantes) e IPUR (Asociación de la Industria del Poliuretano Rígido de España), por su aportación al presentar el estado de la técnica en las construcciones con paneles sándwich, así como a las entidades aseguradoras participantes, al aportar su experiencia en la inspección y verificación de este tipo de riesgos.

Presentación

Los paneles sandwich de núcleo aislante son un producto de construcción que viene utilizándose con profusión en distintas aplicaciones, principalmente por su facilidad de montaje y sus buenas características como elemento de aislamiento térmico.

El propósito de este documento es proporcionar una herramienta a proyectistas, aseguradores, y usuarios, para conocer las características de los paneles sandwich en relación con la protección de la propiedad. Se presentan tipologías de paneles, características de reacción y resistencia al fuego de los productos, y pautas para la instalación, mantenimiento e inspección, que puedan servir de orientación de cara a minimizar riesgos en las distintas fases de la vida útil del panel.

Para ello, se ha pretendido exponer en este Manual, de forma clara y ordenada, la información suficiente que permita al lector evaluar el riesgo de una instalación de este tipo, sin ser necesariamente un experto en la materia.

Esperamos que este documento sea de utilidad para instalar y mantener esta solución constructiva de forma que sea más segura frente al incendio.

1. Objeto

Se consideran objeto de este Manual los paneles sandwich aislantes de doble cara metálica y autoportantes, diseñados para aplicación en discontinuo, con núcleos aislantes de poliuretano (incluyendo poliisocianurato) y lana mineral.

Este Manual de Verificación de instalaciones con paneles sandwich no es de aplicación en instalaciones con paneles con núcleo aislante de poliestireno, espuma fenólica o vidrio celular. También se excluyen del alcance de este manual los paneles cuyos paramentos metálicos (uno o ambos) presentan un espesor inferior a 0.4mm (aplicando las tolerancias de la norma EN10143 para acero, EN 9445 para acero inoxidable, EN485-4 o EN1396 para aluminio y EN1172 para cobre).

Los paneles sándwich metálicos con núcleos aislante disponen de una norma de producto (UNE-EN 14509), que recoge las exigencias necesarias que deben aportar dichos productos para poder disponer del mercado en CE. No todos los paneles sándwich están incluidos bajo el paraguas de esta norma, quedando excluidos los siguientes tipos, que tampoco son objeto de tratamiento en este Manual:

- Paneles sándwich con una conductividad térmica declarada del núcleo aislante mayor de 0,06 W/m K a 10°C
- Productos cuyo núcleo aislante consista en dos o más capas de diferentes materiales claramente definidos (multicapa).
- Paneles con caras perforadas
- Paneles curvados.

Este Manual no considera la utilización de los productos de aislamiento para otras aplicaciones (proyectados, inyectados, planchas...)

Las Normas citadas en este Manual se indican sin su fecha de edición. Se aplicará en cada caso la norma vigente en su momento.

2. Introducción

En la actualidad el mercado ofrece una variedad muy amplia de productos de aislamiento tanto de poliuretano como de lana mineral, pero no todos estos productos son los mismos ni presentan las mismas características. Cada producto de aislamiento está diseñado para aplicación concreta y por ello su empleo en otra aplicación no va a proporcionar las mismas prestaciones.

2.1. Panel sándwich de poliuretano

La espuma rígida de poliuretano se obtiene mediante la mezcla por reacción química de poliol e isocianato. Esta reacción es exotérmica, es decir, produce calor. Cuando el calor producido en la reacción química anterior se emplea para evaporar el agente hinchante se produce como resultado la espuma rígida de poliuretano. Esto le confiere a la espuma una alta reticulación (celda cerrada) y por tanto sus propiedades aislantes.



Figura F2.1. Reacción química del poliol con el isocianato. Fuente: Cortesía de IPUR

Los paneles sándwich de poliuretano están formados por un núcleo aislante de este material, que durante el proceso de fabricación se expande adhiriéndose completamente a las capas de cobertura metálicas, por lo que se considera que el conjunto forma un único producto o elemento de construcción a efectos de uso y propiedades. Una de las características específicas de estos sistemas constructivos es la existencia de juntas longitudinales y en algunos casos perimetrales que permiten a cada panel unirse con el resto de paneles vecinos, manteniendo las propiedades del conjunto.

Los paneles sándwich pueden ser fabricados de poliuretano (PUR) o poliisocianurato (PIR). El comportamiento al fuego de los paneles sándwich depende no solo de la espuma empleada sino de otros factores tales como el espesor y calidad del acero y sus recubrimientos, diseño de la junta entre paneles y el procedimiento de fijación y montaje de los paneles.

Los paneles sándwich de poliuretano se emplean en aplicaciones constructivas en el ámbito de las naves industriales, construcciones deportivas, módulos prefabricados, viviendas, cámaras frigoríficas, industrias alimentarias y rehabilitaciones.



Figura F2.2. Ejemplo de paneles sándwich típicos. Fuente: HUURRE IBÉRICA

2.2. Panel sándwich de lana mineral

Los productos de lana mineral están constituidos por un entrelazado de filamentos de materiales pétreos que forman un fieltro que mantiene entre ellos aire en estado inmóvil, por tanto dispondrán de una porosidad abierta.

Los productos desnudos de lana mineral engloban a la lana de vidrio cuando se emplea como materia prima la arena silícea y la lana de roca cuando es la roca basáltica la materia prima. Ambas materias primas son tan abundantes y fáciles de extraer en el conjunto del planeta que no hay riesgo de agotamiento.

Los procesos de fabricación para ambos grupos de productos se muestran a continuación.



Figura F2.3. Proceso de fabricación de la lana de roca. Fuente: Cortesía de AFELMA

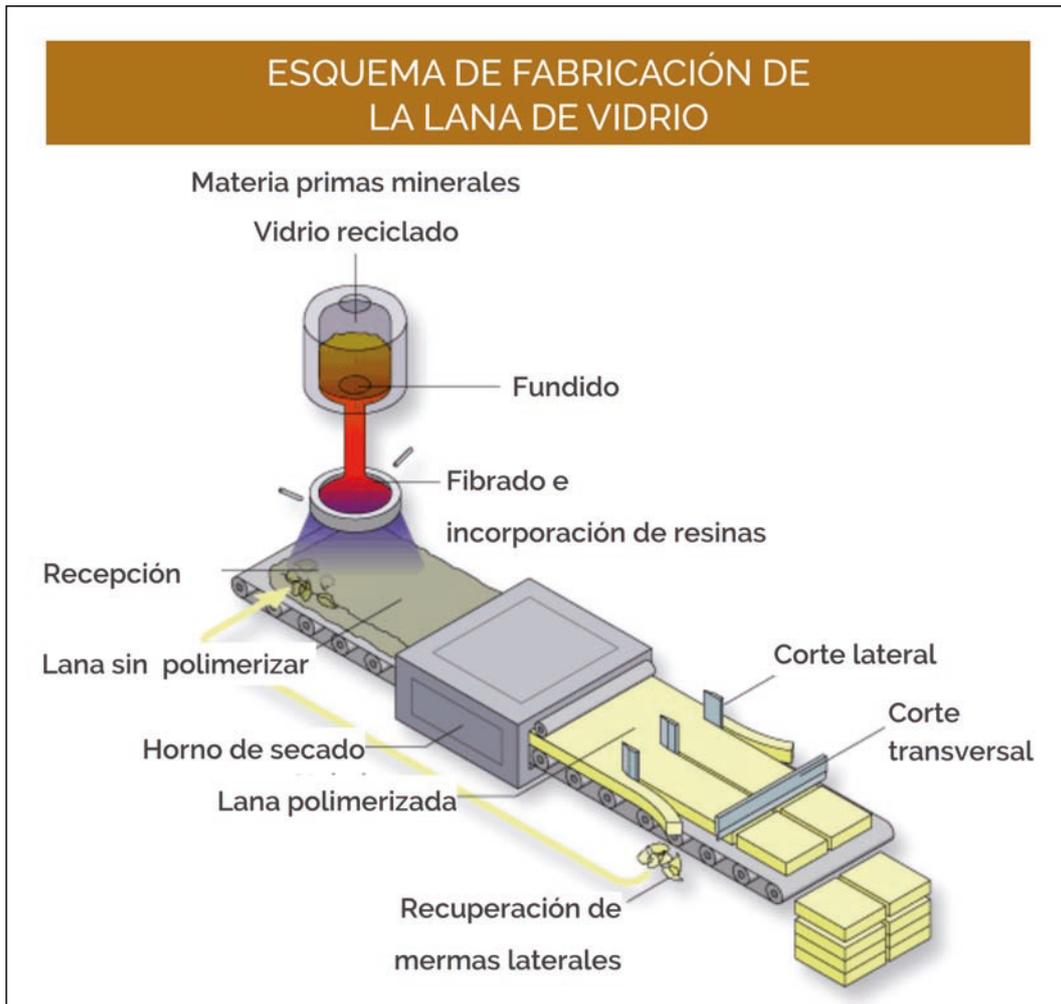


Figura F2.4. Proceso de fabricación de la lana de vidrio. Fuente: Cortesía de AFELMA

Estos paneles sándwich están formados por un núcleo de lana mineral recubierto por ambas caras con una chapa de acero galvanizado o prelacado. Entre la lana mineral y la chapa de acero hay una capa de adhesivo que permite unir ambos elementos.

Estos paneles se emplean como soluciones constructivas para cubiertas (planas e inclinadas), fachadas, particiones interiores verticales y horizontales y medianerías en edificación residencial, edificación industrial, procesos industriales, aplicaciones de climatización y aplicaciones en la industria naval y marítima.

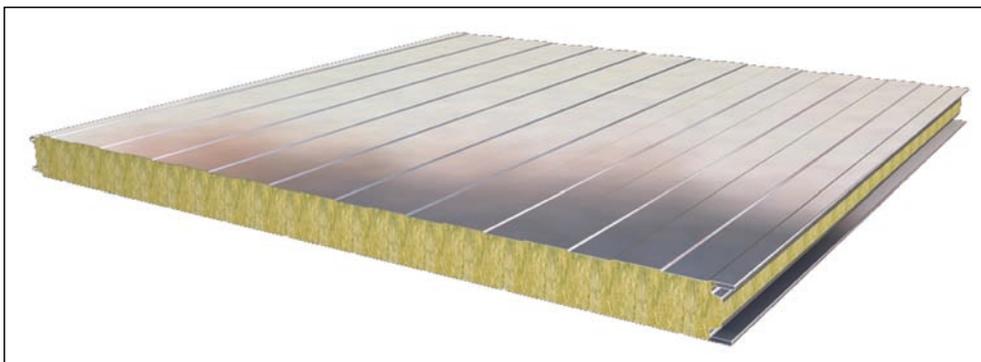


Figura F2.5. Ejemplo de panel sándwich de lana roca para sectorización. Fuente: Cortesía de Paneles ACH

2.3. Generalidades sobre paneles sándwich

Este tipo de construcciones tuvo su origen principalmente para edificar industrias y construcciones temporales, casos de emergencias (refugiados, catástrofes meteorológicas...), módulos de escuelas, módulos de trabajo,... pero su uso en otros ámbitos, como viviendas y sector terciario cada vez es mayor. Este aumento se debe gracias a sus propiedades entre las que se destacan:

- Aislamiento
- Facilidad de montaje
- Ligereza
- Modularidad
- Instalación estandarizada
- Prefabricación
- Capacidad mecánica mejorada, principalmente rigidez.
- Incorporación en un único producto funciones diversas como protección, aislamiento, etc.

La selección del panel se hará en función de todos los requisitos del proyecto, y se elegirá aquél que pueda dar mejor respuesta al conjunto de necesidades.

2.3.1. Aplicaciones

En la actualidad, los paneles sándwich metálicos son líderes en aplicaciones agroalimentarias, como la industria del frío, industria cárnica y almacenes logísticos y también constituyen una solución habitual en otros sectores como el industrial (ambientes sin control de temperatura), terciario y residencial. Por ese motivo, se pueden diferenciar dos tipos principales de paneles en función de su aplicabilidad:

- **Panel de construcción**

Este tipo de panel se aplica a las cubiertas y fachadas como elemento de cerramiento en edificios industriales y de uso terciario. El panel de construcción puede presentar en una gran variedad de colores, espesores y diseños. Las juntas entre paneles están diseñadas para hacer frente a las condiciones meteorológicas y evitar las fugas de aire. Combinando su robusta unión y una fijación segura a la estructura, se proporciona una mejor protección del núcleo aislante en caso de incendio. Los paneles de construcción se fijan a través de sus paramentos a la estructura del edificio. Esto significa que, en la fase inicial del incendio, las fijaciones pasantes retrasan la exposición del núcleo a las llamas por desprendimiento de las caras metálicas. Los paneles sándwich con prestaciones de resistencia al fuego (EI) pueden aplicarse como soluciones de sectorización contra incendios.

- **Panel de frío.**

Este tipo de paneles se emplean principalmente en espacios interiores, como particiones, salas de procesamiento de alimentos, salas blancas, cámaras frigoríficas, etc. Es decir, recintos donde deben mantenerse bajas temperaturas para desarrollar con éxito el proceso productivo. Por ello, normalmente se instalan de manera autoportante para crear recintos internos con atmósferas controladas. En grandes recintos principalmente presentan fijaciones diseñadas para limitar los puentes térmicos y están complementadas por capuchones de PVC en la cara fría. Los paneles normalmente son lisos o presentan un ligero nervado y normalmente están disponibles mayoritariamente en color blanco. Los espesores que alcanzan este tipo de paneles son altos, ya que las instalaciones donde son instalados requieren un elevado aislamiento térmico para su funcionamiento eficiente. En caso de incendio, los paramentos sin fijar podrían pandear y conducir a una situación de riesgo donde el núcleo podría quedar expuesto.

2.3.2. Composición

Los paneles sándwich están formados por las siguientes capas:

- **Chapas metálicas**

Las chapas metálicas más comunes son las de acero galvanizado, aunque también se pueden encontrar de otros materiales como el acero inoxidable, el aluminio e incluso el cobre. Los espesores habituales varían entre 0,4 y 0,6 mm y pueden presentarse forma lisa, nervada o microperforadas en función de la aplicación. Los tratamientos protectores, además del habitual galvanizado, varían con el fabricante y modelo, siendo frecuente encontrar chapas prelacadas o con recubrimientos plásticos diversos (poliéster, PVDF, etc.). El interior de la chapa suele ser galvanizado y deber ser apta para el poliuretano. Las chapas metálicas están libres de metales pesados.

- **Núcleo aislante**

Los espesores necesarios de los núcleos aislantes para alcanzar unas determinadas prestaciones dependerán del tipo de material de relleno, siendo posible encontrar en la fecha de edición de este documento espesores comprendidos entre 25 mm y 250 mm aunque continuamente están apareciendo en el mercado paneles con mayores espesores. De manera general, en España suelen emplearse espesores entre 30 y 80 mm para usos de cerramiento (fachadas y cubiertas) y espesores mayores para paneles con usos específicos (congeladores, barreras cortafuegos, etc.). En el caso de los paneles con núcleos de lana mineral, entre la chapa metálica y el núcleo existe una capa de adhesivo. Este adhesivo puede ser de diferente naturaleza y se aplica en una cantidad muy reducida.

Se adjunta tabla con las medidas más habituales de los paneles en función de su aplicación:

	Cubierta	Fachada	Cámaras
Ancho	De 900 a 1.200 mm	De 600 a 1.200 mm	De 900 a 1.200 mm
Largo	Según pedido (habitualmente de 2.000 mm a 16.000 mm)	Según pedido (habitualmente de 2.000 mm a 10.000 mm)	Según pedido (habitualmente de 2.000 mm a 9.000 mm)
Espesores	De 30 mm a 150 mm	De 30 mm a 150 mm	De 40 mm a 230 mm

Tabla T2.1. Medidas más habituales de los paneles, dependiendo de su aplicación.
Fuente: Elaboración propia

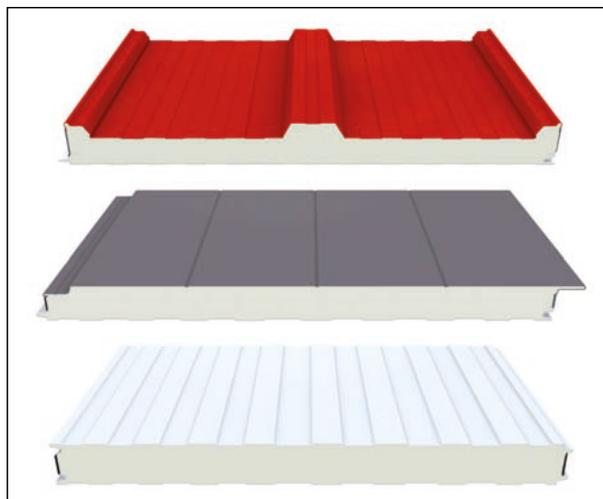


Figura F2.6. Ejemplo de paneles para cámara, cubierta y fachada. Fuente de la imagen: HUURRE IBÉRICA

- **Uniones**

Las uniones entre paneles constituyen un punto crítico debido a que deben ser diseñadas y practicadas perfectamente ya que el éxito del funcionamiento de una instalación con paneles sándwich va a depender de la perfección de la junta. Existen muchos diseños de uniones pero en líneas generales pueden ser juntas a tope o bien solapadas. Además, en caso de incendio, jugarán un papel crucial para retrasar que el núcleo entre en contacto directo con las llamas.

Todas las uniones deben realizarse respetando las condiciones del informe de ensayo de resistencia y/o reacción al fuego para asegurar la funcionalidad de la solución. En cuanto a las fijaciones, se recomienda, cuando sea posible, que atraviesen las dos caras metálicas para que el conjunto tenga una mayor estabilidad en caso de incendio y evitar el desprendimiento de los paramentos. Normalmente las aplicaciones exteriores presentan más fijaciones. Cuanto mayor sea el número de fijaciones, menor será el riesgo de delaminación y la contribución a la propagación interior se verá reducida.

Junta longitudinal

La junta longitudinal es propia del diseño del panel y es definida por el fabricante.

El tipo de junta longitudinal y las fijaciones condicionan el tiempo que tardará el panel sándwich en perder su estabilidad. Por ello los ensayos de reacción y resistencia al fuego incorporan estas juntas longitudinales del panel en las muestras de ensayo.

Otras uniones

En el caso de juntas transversales, encuentros y solapes, su ejecución tiene lugar en obra y es responsabilidad del instalador.

El diseño de las juntas es muy diverso según los diferentes fabricantes y usos para los que se va a destinar el panel.

Así, por ejemplo, las juntas de cubierta intentan conseguir estanqueidad y protección, mientras que en las salas blancas además interesa la facilidad de limpieza e higiene.

Juntas longitudinales y uniones en usos de temperatura controlada

En cerramientos con temperatura controlada y/o fuerte higrometría es imprescindible el sellado de las juntas con siliconas y/o butilos (o equivalentes) para garantizar el buen funcionamiento de la instalación y evitar condensaciones y hielo en las juntas.

Así mismo e independientemente de los requisitos de temperatura, en el caso de que según los informes de ensayo se requiera algún tipo de sellado o complemento en la junta longitudinal para alcanzar la clasificación de comportamiento al fuego deseada, en el montaje habrá que reproducir el tipo de junta especificado en el certificado de ensayo.

Estas juntas se aplicarán donde indique el fabricante según diseño del panel: en algunos casos está previsto que se apliquen en la parte exterior de la junta longitudinal una vez machihembrado, en otros casos se aplica en el interior de la junta antes justo antes de encajar la unión de los paneles y no queda vista una vez montados.

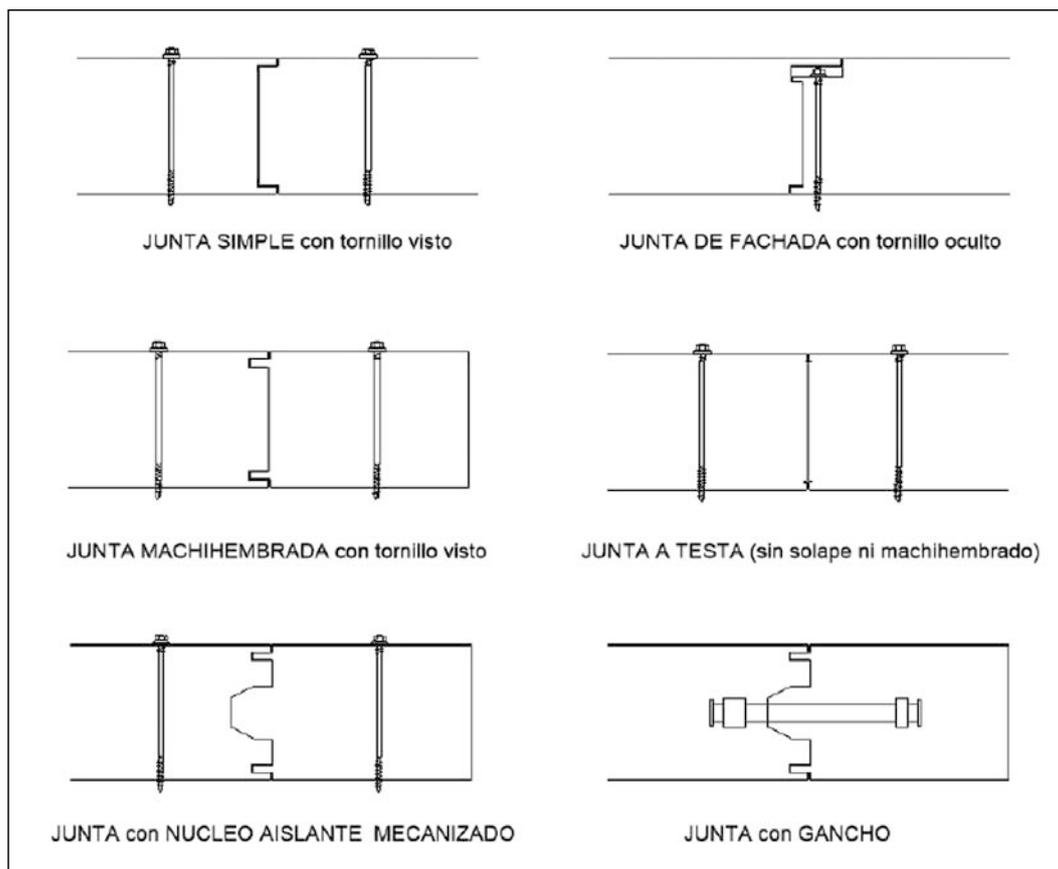


Figura F2.7. Ejemplos de tipos de Juntas. Fuente: Cortesía de IPUR

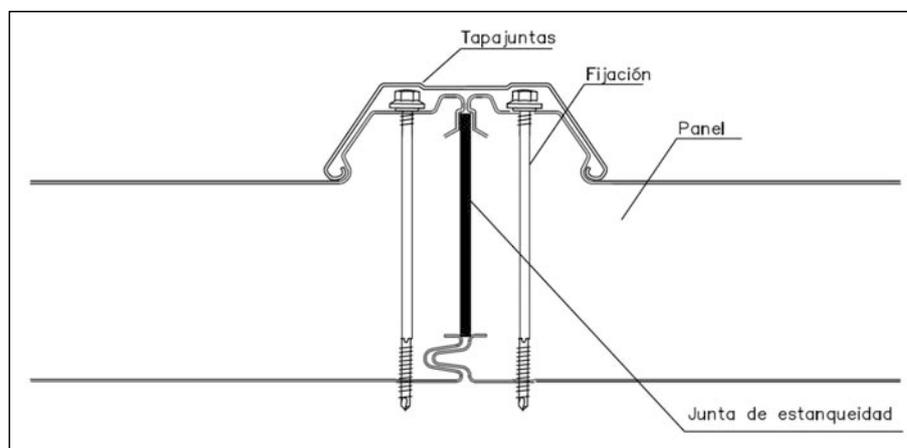


Figura F2.8. Ejemplo de Junta de un Panel de cubierta con tapajuntas.
Fuente de la imagen: HUURRE IBÉRICA

3. Comportamiento al fuego

3.1. Conceptos generales

El comportamiento al fuego de una instalación con paneles sándwich no es una ciencia exacta ya que no solo hay que tener en cuenta el propio panel, sino que influyen de manera determinante otros aspectos, como por ejemplo:

- El tipo de panel y su material aislante del núcleo.
- Si el panel está fijado o es autoportante. Así como el grado de fijación aplicado a las caras externas o internas.
- Los factores que tiene una influencia directa en el tamaño del incendio, como por ejemplo tipo y magnitud de la carga de fuego del contenido del edificio, diseño del recinto, temperatura y ventilación.
- El diseño de las juntas entre paneles.
- Otros factores tales como bordes sin proteger, perforaciones, efectividad de las compartimentaciones, medidas de protección pasiva y activa, sistemas de control de la temperatura y evacuación de humos, es decir, una implantación efectiva de la gestión de la seguridad contra incendios.

Las chapas metálicas externas serán las primeras afectadas como consecuencia del aumento de la temperatura y las llamas. Si en las primeras fases del incendio, el foco del incendio está localizado y las temperaturas son bajas, los núcleos aislantes estarán protegidos por las chapas metálicas. De ahí la importancia de que los paneles no presenten perforaciones y/o daños accidentales sin proteger, ya que en estos casos se perdería la protección proporcionada por las chapas metálicas. Además, se debe tener en cuenta no solo las propiedades del metal empleado sino el espesor del mismo ya que éste estará directamente relacionado con la protección del núcleo aislante.

A medida que avanza el incendio, la temperatura será mayor y aumenta la posibilidad que se desprendan las chapas metálicas o que el efecto pandeo llegue a afectar al núcleo por apertura de las juntas. Cuando el incendio alcanza dimensiones importantes, la carga de fuego contenida en el núcleo contribuirá al incendio. A día de hoy, no es posible conocer cuando se produce esta participación ni su grado de contribución ya que dependerá de la magnitud del incendio, de la geometría del edificio, de la situación y uso de los paneles, del diseño de las juntas, el medio de fijación de estructura así como de la resistencia al fuego de la estructura principal.

Por esta razón, es importante diferenciar los paneles de la envolvente del edificio, de aquellos que tienen la función de separación interior.

Los paneles diseñados para fachadas o cubiertas se fijan a la estructura del edificio por lo que será más difícil que se desprendan los paramentos metálicos incluso en el hipotético caso de un incendio desarrollado. Los paramentos metálicos continuarán protegiendo al núcleo aislante incluso cuando los paramentos comiencen a pandearse y sus juntas comienzan a abrirse. Cuando se ven afectados los núcleos, éstos tendrán una aportación al incendio gradual (dependiendo de las características de núcleo), a menos que haya un colapso del panel o del paramento en una etapa temprana del incendio.

Por contra, en los paneles empleados en aplicaciones para separaciones interiores, éstos se apoyan en otros paneles o elementos. En teoría, este tipo de panel estará más cerca del foco principal del incendio. El factor más crítico es el tipo de núcleo aislante y la forma en la que está diseñado, montado y fijado para prevenir un temprano colapso.

El diseño de la junta entre paneles es otro de los aspectos a tener en cuenta ya que es fundamental en caso de incendio. La junta debería resolverse conforme se describe en el informe de ensayo de resis-

tencia y/o reacción al fuego. Un buen diseño de la junta debe reducir cualquier contribución de los núcleos al incendio.

En teoría, los casos más desfavorables serían cuando se presentan juntas entre paneles con juntas a tope. Por el contrario, las juntas entre paneles cuando están solapadas suelen presentar un mejor comportamiento en caso de incendio.

No obstante, hay que ser conscientes de que en caso de incendio, los daños se producirán en cualquier tipo de panel, independientemente del núcleo, ya que el efecto del calor, la radiación, el pandeo y los daños mecánicos producen una pérdida de adhesión en las proximidades del foco de calor.

Por otro lado, cuando se produce un incendio en instalaciones con paneles sándwich, los procesos específicos que aparecen son:

- **Delaminación de las caras.**

Este es un proceso que afecta a todo tipo de paneles, y que se produce cuando se separan las chapas metálicas del núcleo o del adhesivo.

Por tanto, puede ser muy peligroso ya que implica la caída de objetos, si bien tiene lugar cuando el incendio está bastante desarrollado, por lo que aunque es improbable que tenga lugar durante el tiempo de evacuación, sí que puede representar una amenaza para la integridad de los servicios de extinción del incendio.

Cuando se produce la delaminación, las prestaciones del panel se verán afectadas.

- **Inestabilidad de los paneles y fallo de las fijaciones.**

Al ser sistemas constructivos en general con pocas fijaciones, éstas deben realizarse de manera adecuada, ya que en caso de incendio existirá una mayor probabilidad de desprendimiento de las mismas. Esto traerá como consecuencia la pérdida de estabilidad del panel.

- **Deformación de los paneles y apertura de las juntas.**

En función del diseño de la junta y debido a las temperaturas alcanzadas durante el incendio, las juntas perderán su estado inicial y se abrirán dejando paso a las llamas. En consecuencia y en función del núcleo empleado y de su homogeneidad, es posible que aumente la propagación del incendio y de la carga de fuego. El grado de extensión dependerá del núcleo empleado, así como de la homogeneidad del mismo.

En general independientemente del tipo de relleno, en caso de incendio las chapas metálicas actuarán de protección del núcleo pero el panel comenzará a liberar gases por la zona de unión entre paneles. A medida que el incendio siga creciendo y si se alcanza un incendio desarrollado, el panel se quemará en primer lugar en las juntas o penetraciones, provocando que la unión del núcleo y las chapas se debilite. Cuando la junta entre paneles pierde su posición inicial, el núcleo quedará expuesto al incendio, dependiendo la evolución del incendio a partir de este momento de la combustibilidad del relleno empleado.

Finalmente, con respecto a los humos generados, a lo largo de un incendio desarrollado la producción de humos liberados no dependerá únicamente del panel sándwich, sino que estará afectada por otros factores como la cantidad y el tipo de materiales que forman el contenido y que se están quemando en el incendio, la cantidad de oxígeno disponible, la etapa de desarrollo del incendio, la temperatura y el contenido de humedad.

El grado de producción de humos y su posible toxicidad dependerá de todos los productos contenidos en la instalación, no solo del panel.

La opacidad de los humos se debe considerar dado que impide el movimiento rápido en las vías de escape o la aproximación segura de los equipos de extinción. Aplicando un principio de prudencia es aconsejable que se ponga especial atención al diseño y uso de las zonas adyacentes a compartimentaciones y vías de escape y se utilicen productos con la menor producción de humo. Esta característica se mide con la letra s de las Euroclases.

3.2. Paneles sándwich de PUR y PIR

El poliuretano rígido (PUR) y su variante, el poliisocianurato (PIR) son materiales poliméricos orgánicos. Se producen como consecuencia de la reacción exotérmica entre el polioliol y el isocianato (productos precursores). La diferencia entre el PUR y el PIR radica en la proporción de los productores precursores, presentando en el caso del PIR una mayor cantidad de isocianato. Conviene conocer que no hay una definición oficial a partir de cuándo una espuma puede ser considerada PIR. Se suele denominar como espumas PIR aquellas en las cuales el índice es superior a 180. El índice se basa en la relación estequiométrica entre isocianato y polioliol y no en su relación en peso.

Son productos termoestables y no funden cuando están sometidos al calor, es decir, no producen gotas. La temperatura de descomposición térmica se sitúa alrededor de los 200°C, la temperatura de inflamación está entre 320°C y 420°C y la temperatura de auto ignición está entre 420°C - 550°C. Con respecto a su carga de fuego, puede estar comprendida entre 22 y 31 MJ/kg. Dado que existen una gran variedad de formulaciones de PIR y PUR, existirán paneles sándwich con comportamiento en caso de incendio muy diferente como consecuencia de este hecho.

En caso de incendio, si el núcleo llega a verse expuesto, combustiónará por efecto de las llamas y el oxígeno originando una carbonización gradual sobre la superficie del poliuretano (la rapidez dependerá en gran medida de la clasificación de reacción al fuego del panel). Esta carbonización se produce como consecuencia del carácter termoestable indicado anteriormente. El proceso de carbonización se producirá siempre y cuando exista una fuente de calor o siga el incendio. Cuando el incendio ha sido extinguido o se ha eliminado la fuente de calor, el proceso de carbonización se detendrá. La espuma de poliuretano no entrará en combustión si no es afectada por una llama.



Figura F3.1. Ejemplo de la extensión de la carbonización sobre una espuma rígida de poliuretano.

Fuente: Imagen cedida por HUURRE IBÉRICA

El nivel de carbonización de las espumas de poliuretano no siempre es el mismo ya que dependerá de la formulación química.

Una mejora del comportamiento frente al fuego se consigue cuando se emplean espumas de poliisocianurato ya que presentan una menor inflamabilidad y liberación de humos ofreciendo la misma capacidad aislante que el PUR.

La pérdida de masa de los paneles sándwich de PUR en la fase pre-flashover del incendio es exponencial y comienza a perder una cantidad significativa de su masa alrededor de 300°C. En el caso del PIR, tiene una temperatura de pirólisis inferior y mostrarán una tendencia lineal. El proceso de pirolización se producirá antes para construir su estructura de nido de abeja como una capa protectora. Por eso es imprescindible que las fijaciones estén ejecutadas conforme al ensayo de resistencia al fuego para asegurar que el panel cumple con sus prestaciones.

3.3. Paneles sándwich de lana mineral

La lana mineral, como producto desnudo, es un material inorgánico, no combustible, con baja formación de humos y que no produce caída de partículas inflamadas. Sin embargo, los ligantes y los adhesivos orgánicos utilizados cuando la lana mineral se emplea en los paneles sándwich, producen una contribución limitada a la carga de fuego y a la emisión de humos.

El potencial calorífico de la lana mineral suele presentarse en un rango entre 0,50 MJ/kg y 3,0 MJ/kg dependiendo de la cantidad de ligante empleado. La lana de roca presenta un punto de fusión próximo a 1200°C. Los paneles sándwich de lana mineral se emplean para aplicaciones en la que se precisa que sea resistente al fuego.

En caso de incendio, en las primeras fases no se producen alteraciones relevantes y se producen los fenómenos descritos en general anteriormente, con afectación a la chapa metálica. A medida que avanza la intensidad del incendio y como consecuencia de la debilitación de la junta, se puede producir en la zona próxima a la fuente de calor o llamas, la combustión del adhesivo como consecuencia del efecto de pandeo del paramento metálico facilitando por tanto la separación de la chapa metálica del núcleo aislante. Este estado puede comenzar a producirse a partir de los 300°C y acentuarse conforme aumenta la temperatura. Por eso es imprescindible que las fijaciones estén ejecutadas conforme al ensayo de resistencia al fuego para asegurar que el panel cumple con las prestaciones requeridas de resistencia al fuego.

En un incendio desarrollado, las llamas no se propagarán al interior del núcleo y su contribución al incendio será muy limitada.

Los paneles sándwich de lana mineral se emplean para sectorizar recintos pudiendo ofrecer una resistencia al fuego de hasta 240 minutos. Las perforaciones practicadas en el panel o los daños mecánicos ocasionan que el sistema no se comporte como debe y no ofrezca las prestaciones que se le suponen.

4. Aspectos a tener en cuenta de los ensayos de fuego

La evaluación del comportamiento al fuego de los paneles sándwich se realiza a través de ensayos armonizados a nivel europeo. Los ensayos intentan reproducir la aplicación final de uso para proporcionar unos resultados lo más cercanos posibles a cómo se podría comportar dicho elemento constructivo en las primeras fases del incendio. No obstante, el lector de este Manual debe conocer que los incendios no se pueden reproducir en un laboratorio de ensayos ya que en los mismos intervienen un gran número de factores (instalación y mantenimiento real, ventilación, temperatura, condiciones geométricas, etc.).

Como se ha indicado, en la norma UNE-EN 14509 vienen recogidas las prestaciones que deben ser satisfechas por el producto para poder disponer del marcado CE. Entre las prestaciones que deben cumplir relativas a la seguridad en caso de incendio, se encuentra la reacción al fuego y/o la resistencia al fuego, las cuales se deberán justificar mediante el informe de clasificación, informe técnico y la documentación asociada al ensayo correspondiente.

4.1. Ensayos de reacción al fuego

La evaluación de la reacción al fuego se tiene que realizar bajo los criterios indicados en la norma UNE-EN 13501-1. La euroclase de un panel no dependerá únicamente de su núcleo aislante sino que dependerá de una serie de factores entre los que destacan los siguientes:

- Núcleo aislante.
- Tipo de espuma y su calidad.
- Junta entre paneles.
- Espesor de los paramentos metálicos y sus recubrimientos.
- Procedimiento de fijación y montaje.
- Cantidad y tipo de adhesivo (solo en núcleos de lana de mineral).

En función de la clasificación requerida al panel, los ensayos de reacción al fuego aplicables serán distintos. Por ejemplo, los paneles sándwich de lana mineral se ensayan de manera habitual bajo las siguientes normas de ensayo:

- **UNE-EN ISO 1716** “Ensayos de reacción al fuego de productos. Determinación del calor bruto de combustión (valor calorífico)” o **UNE-EN ISO 1182** “Ensayos de reacción al fuego de productos. Ensayo de no combustibilidad”.
- **UNE-EN ISO 13823** “Ensayos de reacción al fuego de productos de construcción. Productos de construcción, excluyendo revestimientos de suelos, expuestos al ataque térmico provocado por un único objeto ardiendo” (Ensayo del SBI).

En cambio, los núcleos de aislamiento de poliuretano y poliisocianurato, los ensayos necesarios son:

- **UNE-EN ISO 13823** “Ensayos de reacción al fuego de productos de construcción. Productos de construcción, excluyendo revestimientos de suelos, expuestos al ataque térmico provocado por un único objeto ardiendo” (Ensayo del SBI)
- **UNE-EN ISO 11925-2** “Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Inflamabilidad de los productos de construcción cuando se someten a la acción directa de la llama. Parte 2: Ensayo con una fuente de llama única”. (Ensayo de pequeño quemador).

Las clasificaciones habituales de reacción al fuego para los paneles sándwich disponibles en el mercado se muestran a continuación, en función de su núcleo aislante:

Clasificaciones habituales de reacción al fuego de los paneles sándwich metálicos con núcleo aislante			
Euroclase	Lana mineral	PIR	PUR
A1			
A2	A2-s1,d0		
B		B-s1,d0/B-s2,d0	B-s2,d0
C			C-s3,d0
D			
E			
F			

Tabla T4.1. Euroclases habituales de los paneles sándwich metálicos con núcleo aislante de lana mineral y poliuretano.

Fuente: Elaboración propia.

La reacción al fuego se deberá justificar mediante el informe de clasificación, informe técnico y la documentación asociada al ensayo correspondiente.

Como novedad de la nueva versión de la norma de producto UNE-EN 14509, obligatoria desde Agosto del 2015, en el ensayo del pequeño quemador (UNE-EN ISO 11925-2), cuando se aplica el procedimiento de ensayo estándar, se requiere que la aplicación de la llama se lleve a cabo directamente sobre la espuma. Esto conduce a que la calidad de la espuma sea mejorada y asegura como mínimo una euroclase E, tanto del panel como de la espuma del núcleo.

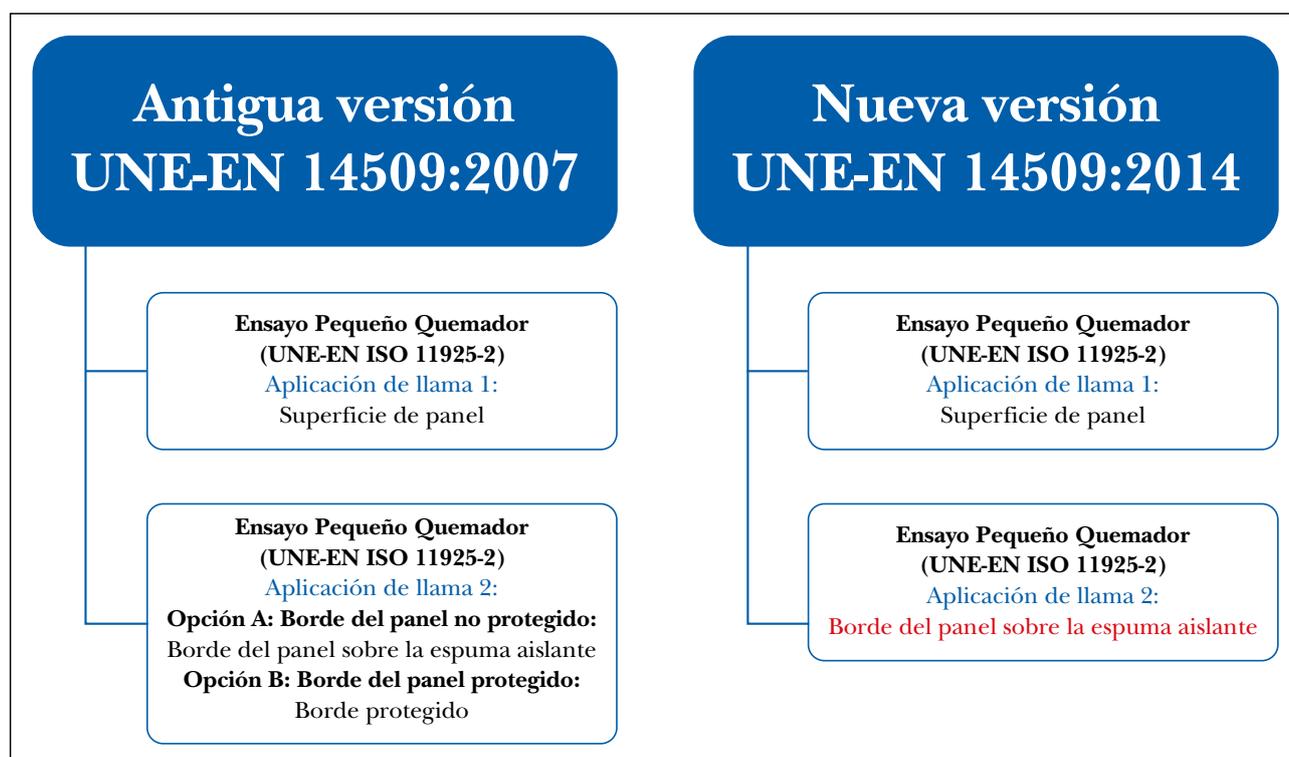


Figura F4.1. Comparación cambios en el lugar de aplicación de la llama en el ensayo según UNE-EN ISO 11925-2 (Pequeño quemador). Fuente: Elaboración propia.

En el ensayo del SBI (Single Burning Item), la norma de producto especifica un montaje específico y necesario para evaluar los paneles sándwich de cualquier núcleo aislante. Este montaje condicionará la aplicación de la clase de reacción al fuego. Seguidamente se mostrarán los aspectos que deben tenerse en cuenta en relación al campo de aplicación de los resultados de ensayo en función del producto ensayado.

- **Caras metálicas**

Los resultados de los ensayos de reacción al fuego se podrán aplicar a espesores mayores de hasta un 100 % del espesor ensayado. Además, la geometría y profundidad del perfil debe tenerse en cuenta. Si el panel dispone de un perfil con una profundidad mayor de 5 mm, la clasificación será extensible a perfiles con mayores profundidades. En cambio, si la profundidad es menor de 5 mm, solamente se podrán englobar en la misma clasificación perfiles lisos o ligeros.

Por otro lado, los revestimientos no suelen representar ningún tipo de problema durante la evaluación del comportamiento al fuego del panel pero debe tenerse en cuenta su potencial calorífico (en adelante, PCS). Tomando como referencia este dato, los revestimientos con PCS inferiores a 4 MJ/m², podrán ser intercambiados por otros con PCS comprendido en el rango comprendido entre 0 y 4 MJ/m². En caso contrario, solamente se podrán sustituir por revestimientos con PCS inferiores al ensayado.

- **Tipos de junta para extensión de resultados**

Como se ha indicado en los apartados anteriores, la junta es uno de los puntos más críticos de los paneles en caso de incendio. Existen muchos diseños de juntas como consecuencia de las múltiples aplicaciones de los paneles. Por ello, en la norma UNE-EN 14509 se muestran por grupos los tipos más frecuentes que se emplean con el fin de extender los resultados de ensayo y no tener que ensayar cada tipo concreto de junta.

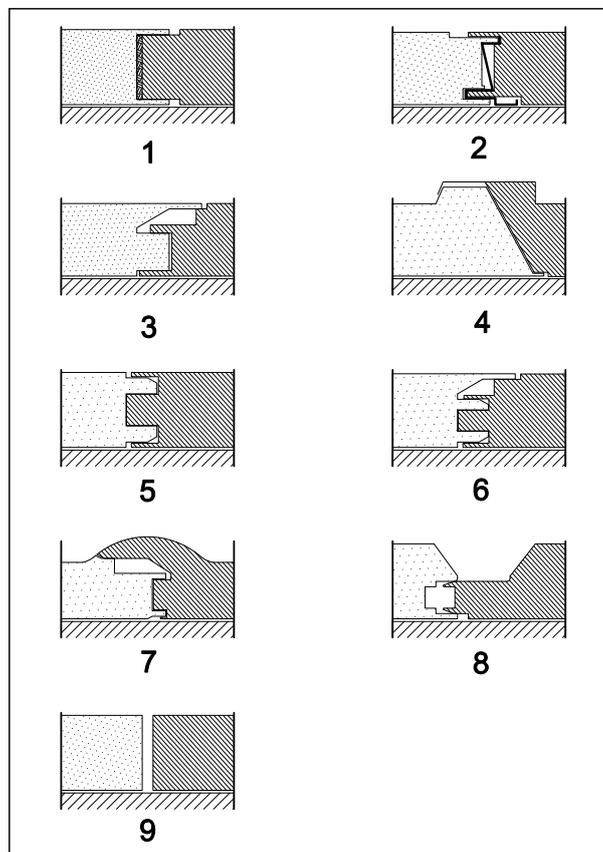


Figura F4.2. Tipos de uniones entre paneles. Fuente: Elaboración propia

Se considera que el tipo de juntas más desfavorable en caso de incendio sería el tipo 9. Por ello, si un panel ha sido ensayado con este tipo de junta, los resultados se podrían extender a otros paneles con juntas con mejor comportamiento (Tipos 1 a 8). En cambio, si el panel presenta el resto de juntas mostradas, los resultados se podrán aplicar a este grupo de juntas. Cuando se presenten juntas similares machihembradas, los resultados solamente se podrán aplicar a juntas con un solape de la lengüeta igual o mayor de 15 mm.

- **Adhesivo**

Este caso solamente se aplica a los paneles con núcleo aislante de lana mineral. Se tiene que considerar 2 factores. El primero de ellos sería la cantidad de adhesivo que se incorpora pudiendo aplicarse los resultados a paneles con una cantidad inferior al panel ensayado. El segundo factor a tener en cuenta sería el tipo de adhesivo, ya que solamente estaría permitido sustituirlo por otro que presente un PCS en MJ/kg inferior al ensayado. No obstante, si varían ambos parámetros, su podría emplear un adhesivo en cualquier cantidad pero con un PCS inferior al ensayado.

- **Núcleo aislante**

La densidad es una de las características más importantes de los materiales aislantes empleados no solo en los paneles sino en todos sus productos. Por este motivo, solamente se permite una pequeña variación del 15% de la densidad ensayada.

Con respecto a las fibras y ligantes empleados en los núcleos de lana mineral, solamente se podrán sustituir por otras que presenten el mismo tipo de fibra con igual o inferior PCS que el núcleo ensayado. Los núcleos sintéticos, solamente se podrán emplear el mismo sistema químico y agente espumante.

- **Espesor de panel**

Con respecto al espesor del panel, pueden presentarse varios casos que deben ser conocidos para evitar errores.

- **Ensayo individual:** Se permite una variación del espesor del 15% en relación al producto ensayado.
- **Gama de productos.** Se ensayaría el panel con mayor y menor espesor y la clasificación de la gama se asignaría con el panel que presente el resultado más desfavorable.

- **Remates para las esquinas**

Los remates para las esquinas son imprescindibles pero se debe practicar de acuerdo a las indicaciones de la norma de producto. Estos remates deben realizarse del mismo material empleado en el panel durante en el ensayo y al menos con las mismas dimensiones o mayores. Si se lleva a cabo el ensayo con el procedimiento estándar, las dimensiones serían de 50 mm x 50 mm y 0,5 mm de espesor empleando acero.

En el caso de remates de plástico, si se emplean durante el ensayo del SBI, los resultados de este ensayo serían válidos para remates del mismo material, para paneles sin remates o remates de acero.

- **Fijaciones**

Otro de los aspectos que cobra una especial relevancia es el lugar donde se practican las fijaciones. En el método estándar proporcionado por la norma de producto, la separación entre las fijaciones sería de 400 mm. Si se sigue esta sistemática, el espaciado entre fijaciones debería ser como máximo de 400 mm.

- **Sellados**

Los sellados que se practican en obra durante el proceso de montaje se permite que sean el mismo tipo de sellado, pero con un PCS igual o menor.

4.2. Ensayos de resistencia al fuego

Cuando los paneles sándwich quieran demostrar prestaciones de resistencia al fuego, deberán ser clasificados según la norma UNE-EN 13501-2. En este caso, en función del lugar donde sea prevista su instalación, la sistemática de ensayo será diferente. Los paneles cuyo uso esté enfocado a paredes deben ser ensayados según la norma UNE-EN 1364-1 mientras que cuando vayan a ser instalados en cubiertas, la norma de ensayo aplicable será la UNE-EN 1365-2. El método de montaje del sistema de ensayo debe reflejar las condiciones finales de uso en obra.

Las clasificaciones habituales de resistencia al fuego para los paneles sándwich disponibles en el mercado se muestran a continuación, en función de su núcleo aislante:

Clasificaciones habituales de resistencia al fuego de los paneles sándwich metálicos con núcleo aislante		
Tiempo (minutos)	Lana mineral	PIR
360		
240	EI 240	
180	EI 180	
120	EI 120	
90	EI 90	
60	EI 60	EI 60
45		
30	EI 30	EI 30
20		
15		EI 15
10		

Tabla T4.2. Clasificaciones habituales de resistencia al fuego de los paneles sándwich metálicos con núcleo aislante de lana mineral y poliisocianurato. Fuente: Elaboración propia.

La resistencia al fuego se deberá justificar mediante el informe de clasificación, informe técnico y la documentación asociada al ensayo correspondiente.

Al igual que en el apartado anterior, a continuación se van a identificar los aspectos que deben tenerse en cuenta en relación al campo de aplicación de los resultados de ensayo en función del producto ensayado.

- **Caras metálicas**

Los resultados de los ensayos se podrán aplicar a espesores hasta un $\pm 50\%$ del espesor ensayado. Además, la geometría y profundidad del perfil debe tenerse en cuenta. Si el panel dispone de un perfil con una profundidad mayor de 5 mm, la clasificación será extensible a perfiles con variaciones no superiores a un 50%. En cambio, si la profundidad es menor de 5 mm, los resultados podrían extenderse a cualquier perfil.

Con respecto a los recubrimientos, únicamente cabe resaltar que los ensayos con recubrimientos no serían válidos para productos sin recubrimientos.

- **Diseño de las juntas**

Si en reacción al fuego era posible intercambiar las juntas, en resistencia al fuego no son posibles ni los cambios de forma ni los cambios de configuraciones.

- **Adhesivos**

Este caso solamente se aplica a los paneles con núcleo aislante de lana mineral. En función del PCS del adhesivo ensayado, las condiciones de sustitución serán diferentes:

- Inferior a 4 MJ/m²: Se puede emplear adhesivos con un $\pm 50\%$ de la masa ensayada
- Superior a 4 MJ/m²: Se pueden emplear adhesivos con PCS inferiores al ensayado.
- Superior a 4 MJ/m² y superiores a 1,15 veces el PCS: En este caso se permiten adhesivos con el mismo porcentaje que el valor del PCS tomando como referencia el adhesivo ensayado.

- **Núcleos aislantes**

Las condiciones de aplicación estarán en función del tipo de núcleo. En los núcleos de lana mineral se permite que el contenido aumente hasta un 20% o que sean menores cantidades que el producto ensayado. Con respecto a la densidad, se permite variar la densidad siempre y cuando se encuentre en el intervalo entre 50 kg/m³ y 150 kg/m³ o densidades menores de hasta un 10%.

En cambio, en los núcleos de poliuretano únicamente se permiten una variación de la densidad de $\pm 10\%$.

- **Espesor del panel**

A diferencia de reacción, en resistencia al fuego se permiten paneles con espesores mayores que el panel ensayado siempre y cuando se utilice el mismo núcleo aislante.

- **Anchura**

Se permite paneles con una anchura mayor que el panel ensayado de hasta un +20%.

- **Sellados**

Los sellados que se practican en obra durante el proceso de montaje se permite que sean el mismo tipo de sellado pero con un PCS igual o menor. En núcleos de lana mineral, se permite que no se practiquen sellados.

4.3. Tipos de informes

Una vez que el panel sándwich se ha sometido a un ensayo para estimar su comportamiento en caso de incendio, es necesario trasladar ese comportamiento a un documento con el que se puede proporcionar esta información a cualquier agente relacionado con las instalaciones de paneles sándwich.

En la actualidad, esta información puede venir en recogida en 3 tipos de informes, que se describen a continuación.

- **Informes de ensayo**

En este tipo de informe vendrán expresados todos los resultados que han obtenido los paneles sándwich en los ensayos tanto de reacción al fuego como de resistencia al fuego. Es importante aclarar que los resultados no serán proporcionados en único informe, sino que cada tipo de ensayo, ya sea reacción y/o resistencia al fuego dispondrán de sus propios informes.

Es imprescindible acudir a estos informes ya que en ellos vendrá recogida toda la información referente al método de montaje y fijación de las muestras así como una completa descripción de los productos y/o sistemas sometidos a ensayo.

- **Informes de extensión de aplicación (EXAP)**

En este tipo de informe es donde se muestra, en base a los informes de ensayos y tomando como referencia los productos y/o sistemas ensayados, las variaciones permitidas por la norma de producto UNE-EN 14509 o norma de ensayo correspondiente, con el fin de extender los resultados

obtenidos a otros productos y/o sistemas. La ventaja que presentan los procesos de extensión de resultados con respecto a un ensayo individual es que con la misma clasificación se pueden clasificar otros productos con las variaciones permitidas.

- **Informes de clasificación.**

El objetivo de este informe es presentar la clasificación para un producto, sistema o gama de productos tomando como base de manera general los informes de ensayo y de manera particular los informes de extensión de resultados (EXAP). Además, se mostrarán las posibles variaciones de un panel sándwich que estarían englobadas en la misma clasificación sin necesidad de ensayos adicionales. También es posible encontrar en algunos casos una descripción del panel ensayado, aunque este hecho dependerá del procedimiento del laboratorio encargado de los ensayos de fuego.

En este punto conviene señalar que cualquier variación del panel que no sea recogida explícitamente en este informe, no estará bajo el paraguas de la misma clasificación del producto o sistema ensayado. Además, las clasificaciones de fuego serán solamente válidas para los procesos de fijación y montaje realizados durante los ensayos.

5. La inspección de instalaciones con paneles sándwich

5.1. Introducción

Los procesos productivos donde se emplean paneles sándwich como elementos constructivos tienen como fin principal la optimización de sus procesos para garantizar que el producto fabricado o servicio ofrecido al cliente sea óptimo y de calidad. En este entorno, lo primordial es productividad y la competitividad. Por ello, deben instalarse productos y sistemas que vayan enfocados a la consecución de los objetivos marcados por la empresa.

Los productos deben ser seleccionados en primer lugar por sus prestaciones para el proceso industrial y posteriormente se debe realizar una adecuada gestión de la seguridad en caso de incendio para establecer el nivel de protección contra incendios integral y óptimo tomando como referencia la legislación aplicable y teniendo en cuenta que dichas legislaciones ofrecen siempre niveles mínimos. Se debe ir mucho más allá de la obligatoriedad marcada y establecer un nivel de protección acorde al negocio que se quiera proteger. Solamente de esta manera se podrá proteger de manera eficiente el negocio.

En el caso concreto de una inspección de instalaciones con paneles sándwich no debe centrarse únicamente en el producto, ya que los incendios en este tipo de instalaciones nunca tienen como origen al panel sándwich. Los incendios producidos en instalaciones con panel sándwich se producen principalmente en el ámbito de la industria alimentaria. Otras aplicaciones como por ejemplo el almacenamiento refrigerado o su uso como cerramientos presentan una incidencia menor. Otro dato a tener en cuenta es que la frecuencia de los incendios en instalaciones con paneles es relativamente bajo, pero por contra los daños producidos son altos.

Es muy importante analizar los incendios sucedidos en las instalaciones con paneles sándwich, pero no para establecer paralelismos con las instalaciones actuales sino para aprender qué posibles aspectos son susceptibles de iniciar y propagar un incendio, así como tratar estrategias efectivas para la reducción del inicio y propagación del incendio.

A continuación se consignan algunas causas comunes de inicio o propagación de incendio :

- Mala concepción de la seguridad contra incendios en el edificio.
- Ausencia de evacuación o compartimentación de humos.
- Muros cortafuegos que no son efectivos.
- Ausencia de rociadores en el volumen de construcción interno.
- Grandes galerías sin compartimentar o compartimentaciones que no son efectivas.
- Mala ejecución de las instalaciones eléctricas (cortocircuito de cables desprotegidos atravesando paneles, etc.).
- Incendios intencionados.
- Trabajos en caliente incontrolados.

A estas causas, y específicamente en plantas de procesamiento de alimentos, se pueden añadir:

- Escombros en la base de un horno.
- Aceites calentados por encima de su temperatura de inflamación.
- Material de fumar desechado en el almacén de envasado.
- Depósitos de aceite en filtros de los hornos.
- Inadecuado mantenimiento de las freidoras.

- Derrames en las inmediaciones de los depósitos de aceite.
- Especificación inapropiada para cintas transportadoras.
- Mantenimiento inadecuado en hornos.

Por otro lado, los incendios en general, son fenómenos muy complejos que dependen de una gran variedad de factores, por ello a día de hoy, no es posible simular el comportamiento real de incendio. Por estos motivos, la inspección debe ser global y se tiene que abordar desde diferentes perspectivas para intentar conocer el mayor número de variables para establecer las medidas de protección y de prevención adecuadas para minimizar los daños en caso de incendio.

Además, de manera paralela se debe conocer el estado de las instalaciones eléctricas y estaciones transformadoras, tomas a tierra, pararrayos... a través de termografías. Con el objeto de disminuir la intensidad de los incendios, se recomienda además de implementar las medidas de protección contra incendios, tanto activas como pasivas, revisar los procedimientos para las operaciones de corte, soldadura y trabajos en caliente, planes de emergencia y simulacros y reconocimiento de las zonas exteriores para conocer el orden y limpieza de las zonas próximas a los paneles sándwich.

En base a lo anterior, el objetivo de este apartado será ayudar en la identificación de los aspectos de referencia que se deberían considerarse en una inspección de instalaciones con paneles desde diferentes puntos de vista.

5.2. Entorno de papel

Los paneles empleados en fachadas rara vez se ven involucrados en la primera fase de un incendio a menos que sean sometidos a un incendio intencionado. No obstante, se deberían tener en cuenta las siguientes buenas prácticas, entre otras:

- Procesos en los cuales exista riesgo de un incendio potencial cerca de los paneles.
- Las mercancías combustibles o elementos combustibles no deberían ser almacenados en las inmediaciones de los paneles, como por ejemplo pallets. En estos casos, es recomendable mantener una separación mínima de 10 m.
- Las instalaciones empleadas para la recarga de las baterías de las carretillas deberían estar alejadas de los paneles sándwich excepto que éstos presenten una resistencia al fuego de 60 minutos.
- Instalación eléctrica adecuada y protegida.

Debe someterse al obligado cumplimiento del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), según Real Decreto 842/2002, con las revisiones periódicas correspondientes llevadas a cabo por un Organismo de Control competente.

Las instalaciones eléctricas y de iluminación no deben estar integradas en los paneles sándwich.

- No instalar equipos de calor o procesos en caliente por ejemplo hornos o freidoras, cerca de los paneles sándwich.
- Evitar al máximo el acceso a los paneles exteriores para reducir la posibilidad de un incendio intencionado.
- Disponer de un correcto mantenimiento de los equipos que pueden ser considerados como un riesgo potencial de inicio de un incendio.

Cuando se realicen trabajos en caliente específicos y esporádicos asociados a labores de mantenimiento o mejora de las instalaciones en las inmediaciones de paneles sándwich (operaciones ocasionales de corte, soldadura etc), se recomienda considerar la implementación de las medidas de prevención que se relacionan:



Figura F5.1. Almacenamiento de palets de madera próximo a un cerramiento mediante paneles sándwich. Fuente: Elaboración propia

- Establecer un protocolo de comunicación por escrito cada vez que se plantee la realización de estos trabajos, que sea autorizado por el responsable de mantenimiento o seguridad de la empresa. Esto es denominado normalmente como “permiso de fuego”.
- Limpiar y retirar cualquier elemento inflamable o combustible del lugar donde se realicen estas operaciones especiales.
- Proteger adicionalmente con chapas metálicas o lonas ignífugas los paneles próximos.
- Cubrir también huecos y objetos combustibles que estén a menos de 15 m.
- Disponer de elementos de extinción portátiles, que sean accesibles al equipo que realiza o supervisa los trabajos.
- El área de trabajo deberá estar permanentemente vigilado durante y después de los trabajos, comprobando que no queda ningún material incandescente o foco de calor no controlado o no enfriado.
- Vigilar la zona como mínimo una hora después de terminar el trabajo.

5.3. Panel sándwich

Analizando los posibles riesgos o acciones relacionadas con el empleo del panel como producto, podemos destacar los puntos.

- Respetar de manera estricta la información mostrada en los informes de ensayo especialmente sobre los aspectos relacionados con el montaje y fijación de los paneles (número y separación de las fijaciones, diseño de la junta, etc..) y los productos cubiertos por una clasificación (espesor de los paramentos metálicos, marcas comerciales, tipos de juntas permitidos, cantidad de adhesivo, densidades de los núcleos aislantes, espesor del panel, etc).
- Evitar que los núcleos aislantes puedan quedar expuestos.
- Realizar visitas periódicas para revisar el estado mecánico de los paneles y asegurarse que las juntas de unión de los paneles se mantienen en su posición correcta así como que el panel no presente daños externos que comprometan sus funciones.
- Evitar que los sistemas de extracciones de humos calientes atraviesen los paneles sándwich excepto si éstos están protegidos adecuadamente o presentan una resistencia al fuego. En el caso de instalaciones eléctricas, deberán estar protegidas.

- Reparación de manera inmediata cualquier daño sufrido en el panel.
- Comprobar que los puntos singulares del panel se han ejecutado siguiendo las indicaciones proporcionadas por el fabricante.

El Capítulo 8 incluye recomendaciones para mantener adecuadamente las instalaciones de paneles sándwich.

5.4. Medidas de protección pasiva y activa

En caso de incendio, su propagación va a depender de numerosos factores imposibles de reproducir en simulaciones dado que los condicionantes que actúan en un incendio nunca se comportan de la misma manera. Entre los condicionantes más importantes cabe destacar el diseño del recinto, ventilación, temperatura, carga de fuego y su disposición, medidas de protección activa y pasiva disponibles, etc.

Por eso, las medidas de protección pasiva y activa disponibles tomarán una especial relevancia en la misión de intentar reducir al máximo la extensión de los daños. De ahí que su mantenimiento e instalación debe ser correcta y realizada por profesionales que conozcan el producto y que sean conscientes de la importancia de su instalación y su posible funcionamiento. Es recomendable ir más allá de lo marcado estrictamente como obligatorio en la legislación en materia de seguridad en caso de incendio e instalar las medidas que proporcionen la mayor seguridad en caso de incendio adaptando las medidas de protección contra incendios al recinto considerado y a su actividad específica.

5.4.1. Medios de Protección Pasiva

Los sistemas de protección pasiva son medidas constructivas que impiden por medios físicos la progresión del incendio y alargan en el tiempo la estabilidad del edificio, y que abarcan:

- Requisitos de los materiales y elementos constructivos (reacción y resistencia al fuego).
- Compartimentación contra incendios: tamaño máximo de sectores, identificación y protección de “locales y zonas de riesgo especial”, espacios ocultos, paso de instalaciones a través de sectores...
- Condiciones de evacuación: requisitos de longitud y protección de las vías de evacuación.
- Protección estructural: uso de materiales estructurales que proporcionen el tiempo mínimo de estabilidad exigible, o en su caso protección de los elementos que no alcancen este tiempo mediante un recubrimiento externo con un material apropiado.

Sin duda, el uso de compartimentaciones es de gran importancia para impedir el avance del incendio a todo el recinto donde se haya producido el incendio. Se deberá analizar las dimensiones del recinto y establecer recintos compartimentados en función de su nivel de riesgo. Los paneles sándwich de lana mineral son un elemento constructivo que es capaz de cumplir con la misión de compartimentar o sectorizar. Tanto si es un panel sándwich como otro elemento, se debe disponer de los informes de ensayo y clasificación que justifiquen la resistencia al fuego. Además, no solo es necesario que dispongan de los ensayos, sino que su instalación se haga conforme a las instrucciones del fabricante ya que solo de esta manera, los elementos constructivos considerados podrán proporcionar el nivel de resistencia al fuego esperado.

Con el fin de evitar la propagación lateral del incendio, es posible estudiar la integración de un panel cuyas características conforme a su informe de ensayo de resistencia al fuego, confieran prestaciones a modo de cortafuegos, siempre que venga refrendada por un proyecto técnico que considere el cumplimiento de dichas prestaciones así como del resto de prestaciones relativas a la actividad. En esos casos habría que tener en cuenta que en aplicaciones de temperatura controlada los distintos grados

de aislamiento de los materiales pueden dar lugar a una disminución en las prestaciones de eficiencia térmica de la solución.

Es importante considerar las roturas de compartimentación que pueden existir cuando cintas transportadoras o líneas de producción unen sectores diferentes. También se dan normalmente comunicaciones entre sectores diferentes por medio de falsos techos o suelos que no están adecuadamente compartimentados, patinillos, o por el paso de conducciones (tuberías, aire acondicionado...).

Es importante el buen mantenimiento de los sistemas de protección pasiva, especialmente de los cerramientos móviles (puertas, cortinas, compuertas...) para asegurar que se encuentran en condiciones adecuadas y que cierran correctamente en caso necesario.

En el ámbito industrial, el Reglamento de Seguridad contra Incendios en Establecimientos Industriales establece los tamaños máximos admisibles de un sector de incendio y la estabilidad estructural necesaria en función del Tipo de Edificio, y del Nivel de Riesgo Intrínseco del sector.

5.4.2. Medios de Protección Activos

Los medios de protección activos son aquellos previstos para posibilitar la intervención sobre el incendio y conseguir su control. Seguidamente se describen los medios de protección activa más utilizados en la industria que utiliza panel sándwich.

- **Sistemas de detección y alarma de incendio**

Los sistemas de alarma y detección son los primeros sistemas en actuar en caso de incendio, proporcionando una alarma temprana al detectar alguno de los efectos provocados por el fuego: temperatura, humo, o llamas.

La tecnología a seleccionar en cada caso dependerá del tipo de incendio esperable y de la rapidez con la que se quiera detectar el incendio, como se aprecia en la figura siguiente:

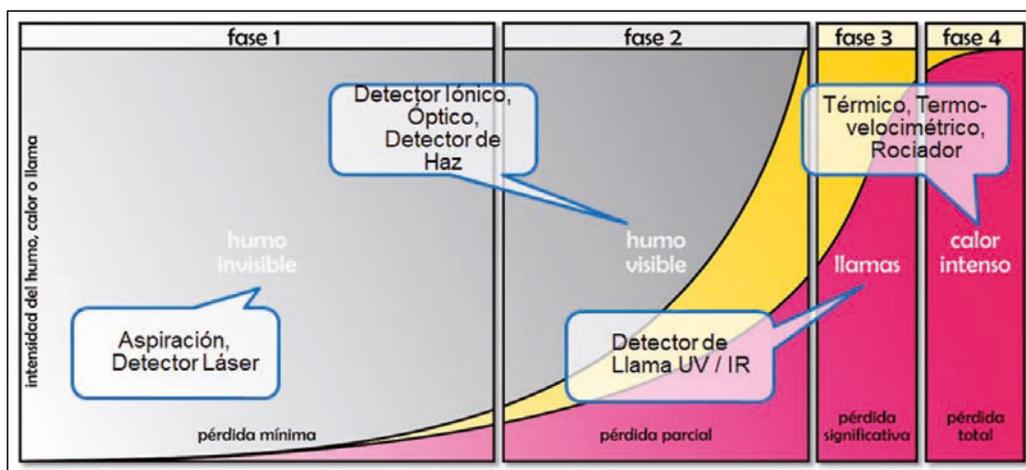


Figura F5.2. Selección de la tecnología de detección según el tipo de incendio esperable.

Fuente: Elaboración propia.

Los componentes más importantes o más característicos de la instalación son:

- La central de detección de incendios.
- Dispositivos iniciadores o de activación (detectores o pulsadores manuales de alarma).
- Dispositivos avisadores (acústicos y visuales).

La obligatoriedad de instalar sistemas de detección automáticos en el ámbito industrial está recogida en el Reglamento de Seguridad contra Incendios en Establecimientos Industriales. Este Reglamento

establece un criterio de instalación basado en el Tipo de Edificio, su Nivel de Riesgo Intrínseco, y el tamaño y uso del sector, tal como se recoge en la Tabla siguiente:

Criterio para la protección de establecimientos industriales con detección			
Según sean actividades de: producción, montaje, transformación y reparación // almacenamiento			
Configuración	No se contempla, queda abierto el criterio a aplicar		
	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Tipo A	>300 // 150 m ²		No admisible
Tipo B	—	>2.000 // 1.000 m ²	>1.000 // 500 m ²
Tipo C		>3.000 // 1.500 m ²	>2.000 // 800 m ²
Tipos D y E	No se contempla, queda abierto el criterio a aplicar		
Criterio para la protección con pulsadores de alarma			
Según sean actividades de: producción, montaje, transformación y reparación // almacenamiento			
Configuración	Superficie construida a partir de la que lo requieran		
	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Tipo A	En sectores con superficie total construida superior a 1.000 // 800 m ² y no es necesario un sistema de detección automático		
Tipo B			
Tipo C			
Tipos D y E	No se contempla, queda abierto el criterio a aplicar		
Criterios para la protección con sistema de alarma general - simplemente			
Configuración	Superficie construida a partir de la que lo requieran		
	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Tipo A	Si la suma de todos los sectores de incendio > 10.000 m ²		
Tipo B			
Tipo C			
Tipos D y E	No se contempla, queda abierto el criterio a aplicar		

Tabla T5.1. Criterio para la protección de establecimientos industriales con detección

Los paneles sándwich son habitualmente instalados en industria frigorífica, dadas sus buenas propiedades de aislamiento térmico. En estos casos, la elección de la tecnología de detección viene condicionada por la temperatura del recinto a proteger y la posibilidad de condensaciones.

En aquellas zonas refrigeradas pero con temperaturas positivas, pueden utilizarse detectores puntuales, previendo la instalación de zócalos antihumedad.

En recintos con temperaturas próximas o por debajo de cero grados, la opción más recomendable es la instalación de un sistema de detección por aspiración. En este tipo de sistema se hace llegar el humo al elemento sensible mediante una red de tubos por la que se está aspirando el aire del ambiente de forma permanente. De esta manera, la red de tubos puede permanecer en el interior del recinto, mientras que el elemento sensible se sitúa en el exterior de la zona refrigerada. No obstante, en estos casos puede ser necesario precalentar el aire aspirado antes de que alcance el detector, o instalar trampas de condensado aguas arriba del detector.

Algunas recomendaciones a tener en cuenta para este tipo de sistemas son:

- Los detectores deben ser localizados fuera de las áreas de congelación.
- Asegurar que las conexiones en la red de aspiración sean herméticas.
- Usar un material apropiado para baja temperatura en la tubería de aspiración.
- Asegurar que se sellan adecuadamente todos los puntos de penetración de la tubería en el recinto refrigerado.

- Hacer provisiones para evitar que la condensación llegue al detector de aspiración, como por ejemplo instalación de trampas de condensado.
- Considerar técnicas de calentamiento del aire aspirado cuando sea necesario.
- Mantener la distancia entre los puntos de muestreo y las aberturas del congelador.
- Evitar el muestreo directo de flujo de aire de enfriador.
- Cuando se realizan cambios en la distribución del interior del establecimiento, deben realizarse los cambios que correspondan en el sistema de detección.

- **Sistemas para el control de la temperatura y evacuación de los humos (SCTEH)**

Estos sistemas contribuyen a reducir la probabilidad de que el incendio se propague a otras zonas del recinto a través del humo. En caso de incendio, estos sistemas contribuirán a la extracción de los humos y gases calientes y aportarán aire fresco, medidas que sin duda ayudarán a trabajar en mejores condiciones a los bomberos.

Por ello, el uso de barreras de humo, exutorios o aireadores naturales y ventiladores de extracción mecánicos son recomendaciones para conseguir un óptimo y adecuado control de la temperatura y evacuación de humos.

- **Instalación de rociadores**

Estos sistemas proporcionan una descarga de agua en caso de incendio en el recinto protegido, mediante una red de tuberías y rociadores. Estos sistemas no solo pueden controlar la extensión de un incendio, sino que son capaces de mantener la temperatura en unos niveles adecuados para evitar tanto la ignición del producto como de los paneles próximos, y en consecuencia, no contribuyan al incendio.

Diversos estudios experimentales muestran el beneficioso efecto del empleo de rociadores en instalaciones con paneles sándwich confirmando el menor desarrollo de los incendios, reducción de los daños ocasionados y menores emisiones de humos.

En aquellos casos en que los paneles sándwich constituyan cerramientos de recintos refrigerados por debajo de 4°C, no es posible la instalación de rociadores de tubería húmeda (es decir con tubería llena de agua). En estos casos, la Norma UNE-EN 12845 proporciona alternativas como la instalación de sistemas secos (con muchas limitaciones de tamaño) o sistemas de acción previa. También existen tecnologías que permiten diseñar sistemas húmedos, en los que la vela que penetra en el recinto (a la que se rosca el rociador) está seca.

La instalación de rociadores automáticos de agua en el ámbito industrial se encuentra regulada por el Reglamento de Seguridad contra Incendios en Establecimientos Industriales, en función del tipo de edificio, Nivel de Riesgo Intrínseco, y actividad y superficie del sector de incendio.

- **Para actividades de producción, montaje, transformación y reparación:**

Configuración	Nivel de Riesgo Intrínseco		
	Bajo	Medio	Alto
	Requieren instalación de rociadores automáticos en los siguientes casos		
Tipo A	No se requiere	Si $S > 500 \text{ m}^2$	No admisible
Tipo B	No se requiere	Si $S > 2.500 \text{ m}^2$	Si $S > 1.000 \text{ m}^2$
Tipo C	No se requiere	Si $S > 3.500 \text{ m}^2$	Si $S > 2.000 \text{ m}^2$
Tipos D y E	No se contempla para estas configuraciones		

Tabla T5.2. Criterio para la protección con rociadores automáticos de establecimientos industriales, en actividades de producción

- **Para actividades de almacenamiento:**

Configuración	Nivel de Riesgo Intrínseco		
	Bajo	Medio	Alto
	Requieren instalación de rociadores automáticos en los siguientes casos		
Tipo A	No se requiere	Si $S > 300 \text{ m}^2$	No admisible
Tipo B	No se requiere	Si $S > 1.500 \text{ m}^2$	Si $S > 800 \text{ m}^2$
Tipo C	No se requiere	Si $S > 2.000 \text{ m}^2$	Si $S > 1.000 \text{ m}^2$
Tipos D y E	No se contempla para estas configuraciones		

Tabla T5.3. Criterio para la protección con rociadores automáticos de establecimientos industriales en actividades de almacenamiento

- **Sistemas de extinción por gas**

Estos sistemas descargan una determinada cantidad de agente extintor gaseoso en el interior del riesgo, mediante una red de tuberías y difusores instalados en el interior del mismo.

Dependiendo del agente extintor seleccionado, el principio de actuación es diferente. Algunos agentes actúan por sofocación, es decir disminuyendo la concentración de oxígeno hasta un nivel en el que el fuego no puede mantenerse. Esto es propio del CO₂ y de los gases inertes.

Otros actúan por un principio de enfriamiento, absorbiendo el calor generado en la reacción de combustión e inhibiéndola, como es el caso de los agentes fluorados.

En todos los casos, es necesario que el recinto tenga una buena estanquidad para facilitar la presencia del agente extintor durante un tiempo suficiente para prevenir la reignición. Esta condición suele darse en los recintos frigoríficos, ya que la necesidad de eficiencia térmica implica normalmente una buena estanquidad.

Sin embargo, las cámaras y almacenes con cerramiento mediante panel sándwich suelen tener volúmenes muy grandes, que hacen prácticamente inviable una extinción por gas debido a la enorme cantidad de agente extintor que sería necesaria. En esos casos, una opción alternativa puede ser la inertización del recinto, que presenta similitudes con la extinción por gas, sin la problemática del volumen de almacenamiento de agente extintor.

La instalación de estos sistemas en el ámbito industrial se encuentra regulada por el Reglamento de Seguridad contra Incendios en Establecimientos Industriales, como alternativa a los rociadores en aquellas actividades en las que no se pueda utilizar agua como agente extintor, o donde lo requiera la reglamentación específica.

- **Sistemas de inertización**

El principio de funcionamiento de estos sistemas es mantener una concentración de oxígeno en el interior del recinto protegido que impida la aparición y mantenimiento de una llama.

Para ello se inyecta un gas inerte en el recinto a través de una red de tuberías y difusores, hasta lograr unos índices de oxígeno en el aire que no permiten la combustión de la mayoría de materiales (alrededor del 15%, en lugar del 20,9% habitual). En este ambiente, la concentración de oxígeno es suficiente para respirar, pero no para la combustión. Cuando la concentración de oxígeno sube por encima de un determinado nivel, el sistema inyecta de forma automática gas inerte en el recinto para recuperar la concentración de diseño. Normalmente el gas que se inyecta es nitrógeno, que se filtra directamente del aire ambiente en una pequeña instalación anexa.

Dado que la esencia del sistema es mantener una baja concentración de oxígeno en el recinto, es importante que éste sea muy estanco, propiedad que por otra parte es inherente a los recintos frigoríficos.

5.5. Gestión de la seguridad contra incendios

Una gestión de la seguridad contra incendios integral es la clave no solo para minimizar los daños producidos en caso de incendio sino también para reducir el riesgo de inicio de un incendio. Por ello, es muy importante analizar en detalle los potenciales focos de incendio para evaluarlos y trazar estrategias para reducir el riesgo de incendio que podrían desarrollar.

Es frecuente encontrar, y así lo atestiguan diversos estudios, que los incendios producidos en las instalaciones con paneles sándwich disponían de un nivel de seguridad contra incendios muy deficiente. Pero no solo es necesario establecer las medidas de protección pasiva y activa para gestionar un incendio, sino que existen otros aspectos preventivos y organizativos que deben establecerse para que no que se produzca un incendio y en caso que se inicie, coordinar de manera rápida y eficaz las actuaciones que conduzcan a conseguir los objetivos previamente definidos para evacuar en primer lugar a las personas y en un segundo lugar proteger el patrimonio.

Un aspecto de suma importancia a considerar en la gestión de la seguridad contra incendios es la implantación del permiso de fuego. El permiso de fuego es un documento interno mediante el cual el responsable de la seguridad autoriza la realización de los trabajos en caliente, siempre que se cumplan todas las medidas de seguridad necesarias. Estas medidas estarán reflejadas en el procedimiento correspondiente. El responsable de la ejecución de dichos trabajos también firma ese documento asumiendo la implantación de los procedimientos y las medidas de seguridad necesarias para realizar los trabajos.

Una fórmula para garantizar que el operario que realiza los trabajos en caliente dispone de los conocimientos necesarios para realizar los mismos de forma segura, es mediante la obtención del Certificado CEPREVEN de operador de trabajos en caliente. Para la concesión del certificado el candidato debe realizar una formación que repasa los peligros inherentes a los distintos tipos de trabajo en caliente, las técnicas de prevención aplicables en cada caso, y los procedimientos de gestión de seguridad a considerar.

En definitiva, debería realizarse una gestión integral de la seguridad contra incendios considerando aspectos preventivos, organizativos y protección activa y pasiva. Esto se conoce como enfoque holístico.

6. Cálculo potencial calorífico superior (PCS) en paneles sándwich.

Aplicación en establecimientos industriales

6.1. Expresiones de cálculo de la densidad de carga de fuego

En el ámbito industrial, las medidas de seguridad contra incendios necesarias vienen determinadas por el Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales (RSCIEI).

Uno de los aspectos requeridos en dicho reglamento para caracterizar dichas instalaciones es conocer el Nivel de Riesgo Intrínseco (en adelante, NRI), el cual depende de forma directa de la densidad de carga de fuego, que puede calcularse a través de dos expresiones muy similares:

1. Expresión General. Cálculo de la densidad de carga de fuego por materiales:

$$Q_s = \frac{\sum_i G_i q_i C_i}{A} R_a \text{ (MJ/m}^2\text{) o (Mcal/m}^2\text{)}$$

Donde:

Q_s = densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, en MJ/m² o Mcal/m².

G_i = masa, en kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector o área de incendio (incluidos los materiales constructivos combustibles).

q_i = poder calorífico, en MJ/kg o Mcal/kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.

C_i = coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.

R_a = coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc.

A = superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en m².

Para ejecutar correctamente este cálculo, deben identificarse todos los materiales presentes en el sector o área de incendio, establecerse la masa de cada uno de ellos, y conocer su poder calorífico.

2. Expresión específica. Cálculo de la densidad de carga de fuego por actividad:

Existen dos variantes de esta expresión.

- Para actividades de producción, transformación, reparación o cualquier otra distinta al almacenamiento:

$$Q_s = \frac{\sum_i q_{si} S_i C_i}{A} R_a \text{ (MJ/m}^2\text{) o (Mcal/m}^2\text{)}$$

Donde:

Q_s , C_i , R_a y A tienen la misma significación que en el apartado 3.2.1 anterior.

q_{si} = densidad de carga de fuego de cada zona con proceso diferente según los distintos procesos que se realizan en el sector de incendio (i), en MJ/m² o Mcal/m².

S_i = superficie de cada zona con proceso diferente y densidad de carga de fuego, q_{si} diferente, en m².

- Para actividades de almacenamiento:

$$Q_s = \frac{\sum_i q_{vi} C_i h_i s_i}{A} R_a \text{ (MJ/m}^2\text{) o (Mcal/m}^2\text{)}$$

Donde:

Q_s , C_i , R_a y A tienen la misma significación que en el apartado 3.2.1 anterior.

q_{vi} = carga de fuego, aportada por cada m³ de cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio, en MJ/m³ o Mcal/m³.

h_i = altura del almacenamiento de cada uno de los combustibles, (i), en m.

s_i = superficie ocupada en planta por cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio en m².

Para aplicar alguna de estas expresiones, es preciso identificar la actividad o actividades que se realizan en el sector o área de incendio, acudir al listado de actividades que se aporta en el RSCIEI (que proporciona la carga de fuego de esa actividad y su riesgo de actividad), y seleccionar la que más se ajusta a la actividad real realizada.

Se recomienda utilizar para el cálculo del NRI la expresión 1, ya que aunque su aplicación es más laboriosa, proporciona un valor de la densidad de carga de fuego más riguroso y ajustado a la realidad. Además, la expresión 2 no permite valorar de forma específica la aportación a la densidad de carga de fuego de los materiales constructivos, que en el caso de determinados paneles sándwich puede ser bastante representativa.

Por consiguiente, este Manual se centrará en el cálculo del NRI a través de la primera expresión. Para ello, será necesario conocer el poder calorífico superior (PCS), y la masa, de todos los materiales existentes en el sector o área de incendio, también de los materiales constructivos involucrados. Por tanto, en instalaciones con cerramientos a base de paneles sándwich se deberá conocer este dato tanto para los núcleos de poliuretano como los de lana mineral.

Para el cálculo del potencial calorífico se tomará como referencia la sistemática explicada en la norma UNE-EN ISO 1716. En este Manual se presenta un ejemplo de la aplicación de dicha sistemática para el cálculo del PCS de un panel sándwich de lana mineral y otro de poliuretano. Cabe mencionar que esta norma de ensayo es una de las empleadas actualmente en el sistema europeo armonizado para la evaluación de la reacción al fuego de los productos constructivos.

Antes de mostrar los dos ejemplos, debe quedar claro que para este tipo de productos el PCS nunca va a tener un valor fijo, sino que estará en función de las características del núcleo considerado (espesor, densidad, composición química, tipo de aislante y cantidad de aglomerante) y de las características de los materiales que componen el panel (chapa metálica, revestimientos y adhesivos). Además, los ejemplos mostrados se basan en los espesores concretos, pero esto no implica que una instalación de paneles sándwich con los núcleos considerados se comporten de la misma manera ya que cada material aislante presenta unas características aislantes concretas.

Para el cálculo del PCS de los paneles sándwich tanto en MJ/kg como en MJ/m² será necesario conocer primeramente los PCS de los materiales que conforman el panel sándwich. Este dato se puede conocer a través de ensayos de los materiales individuales (a través de la norma ISO 1716) que forman el panel o bien tomar referencias externas. En este último caso es recomendable

tomar siempre los valores más desfavorables con el fin de disponer de un enfoque lo más conservador posible.

6.2. Ejemplos de cálculo del PCS de un panel

Ejemplo 1. Panel sándwich con núcleo de lana mineral

En este ejemplo se va a calcular el PCS de un panel sándwich con un núcleo de lana mineral a partir de los PCS individuales de los materiales que lo forman. Las características del panel se muestran a continuación:

Características panel	Tipo	Espesor	Densidad	PCS
Núcleo aislante	Lana mineral	30 mm	145 kg/m ³	0,5 MJ/kg
Chapa metálica	Acero	0,5 mm	7 850 kg/m ³	0,0 MJ/kg
Pintura	Poliéster	—	45 g/m ²	15,0 MJ/kg
Adhesivo	Poliuretano	—	120 g/m ²	15,0 MJ/kg

Tabla T6.1. Propiedades de los elementos que componen un panel con núcleo de lana mineral (ejemplo)

Para un correcto cálculo, se debe tener en cuenta cada capa del producto con su correspondiente PCS.

Componente del panel	PCS (MJ/Kg)
Pintura (cara externa)	15,0
Chapa metálica	0,0
Adhesivo	15,0
Núcleo de lana mineral	0,5
Adhesivo	15,0
Chapa metálica	0,0
Pintura (Cara interna)	15,0

Tabla T6.2. PCS de cada elemento que compone un panel con núcleo de lana mineral (ejemplo)

El siguiente paso será calcular el PCS de cada uno de los componentes individuales en MJ/m² para ello tendremos que conocer la densidad superficial para cada uno de los componentes del panel:

$$\text{PCS (MJ/m}^2\text{)} = \text{PCS (MJ/kg)} \times \text{Densidad Superficial (Kg/m}^2\text{)}$$

Aplicando la fórmula anterior a nuestro caso particular, tendremos los siguientes datos numéricos:

Componente del panel	PCS (MJ/Kg)	Densidad superficial (Kg/m ²)	PCS (MJ/m ²)
Pintura (Cara externa)	15,0	0,05	0,7
Chapa metálica	0,0	3,90	0,0
Adhesivo	15,0	0,12	1,8
Núcleo de lana mineral	0,5	4,35	2,2
Adhesivo	15,0	0,12	1,8
Chapa metálica	0,0	3,90	0,0
Pintura (Cara interna)	15,0	0,05	0,7

Tabla T6.3. Densidad de carga de fuego aportada por cada componente de un panel con núcleo de lana mineral (ejemplo)

Una vez dispongamos de los PCS en MJ/m², procederemos al cálculo del PCS en MJ/kg del panel completo a través de la siguiente expresión:

$$PCS (MJ/Kg) = \frac{\sum PCS \text{ individuales } (MJ/m^2)}{\sum Densidades \text{ individuales } (Kg/m^2)}$$

Sustituyendo los datos en la anterior expresión, tendremos el siguiente valor:

$$PCS \text{ panel completo} = 7,13 \text{ MJ/m}^2 / 12,48 \text{ Kg/m}^2 = \mathbf{0,57 \text{ MJ/Kg}}$$

Ejemplo 2. Panel sándwich con núcleo de poliuretano

En este ejemplo se va a calcular el PCS de un panel sándwich con un núcleo de poliuretano a partir de los PCS individuales de los materiales que lo forman. Las características del panel se muestran a continuación:

Características panel	Tipo	Espesor	Densidad	PCS
Núcleo aislante	Poliuretano	30 mm	40 kg/m ³	22,2 MJ/kg
Chapa metálica	Acero	0,5 mm	7 850 kg/m ³	0,0 MJ/kg
Pintura	Poliuretano	—	45 g/m ²	15,0 MJ/kg

Tabla T6.4. Propiedades de los elementos que componen un panel con núcleo de PUR (ejemplo)

Al igual que en el caso anterior, se debe presentar cada una de las capas del panel con su PCS.

Componente del panel	PCS (MJ/Kg)
Pintura (cara externa)	15,0
Chapa metálica	0,0
Núcleo de poliuretano	22,2
Chapa metálica	0,0
Pintura (Cara interna)	15,0

Tabla T6.5. PCS de cada elemento que compone un panel con núcleo de PUR (ejemplo)

Con esta información, se debe proceder al cálculo del PCS de cada uno de los componentes individuales en MJ/m².

Componente del panel	PCS (MJ/Kg)	Densidad superficial (Kg/m ²)	PCS (MJ/m ²)
Pintura (Cara externa)	15,0	0,05	0,7
Chapa metálica	0,0	3,90	0,0
Núcleo de poliuretano	22,2	1,20	26,6
Chapa metálica	0,0	3,90	0,0
Pintura (Cara interna)	15,0	0,05	0,7

Tabla T6.6. Densidad de carga de fuego aportada por cada componente de un panel con núcleo de PUR (ejemplo)

Una vez dispongamos de los PCS en MJ/m², procederemos al cálculo del PCS en MJ/kg del panel completo a través de la siguiente expresión:

$$PCS (MJ/Kg) = \frac{\sum PCS \text{ individuales } (MJ/m^2)}{\sum Densidades \text{ individuales } (Kg/m^2)}$$

Sustituyendo los datos en la anterior expresión, tendremos el siguiente valor:

$$PCS \text{ panel completo} = 27,99 \text{ MJ/m}^2 / 9,09 \text{ Kg/m}^2 = \mathbf{3,08 \text{ MJ/Kg}}$$

Los ejemplos anteriores se han llevado a cabo en las condiciones más favorables en términos de volumen del núcleo y carga de fuego, es decir en los espesores más bajos que se pueden encontrar normalmente en el mercado (30 mm) y con los PCS más bajos encontrados.

Si se procede al cálculo del PCS con los mismos productos, pero con los máximos espesores que se suelen fabricar (200 mm) y con los valores máximos con respecto a su PCS en MJ/kg (los datos de los PCS para los núcleos considerados han sido obtenidos de diferentes fuentes bibliográficas), los datos que nos arrojará el cálculo serán diferentes. Seguidamente se muestra un resumen:

Panel sándwich	Espesor (mm)	PCS (MJ/kg) núcleo aislante	PCS (MJ/kg) Panel sándwich	PCS (MJ/m ²) Panel sándwich
Lana mineral	30	0,5	0,57	7,13
Lana mineral	200	3,0	2,48	91,95
Poliuretano	30	22,2	3,08	27,99
Poliuretano	200	31,0	15,69	249,35

Tabla T6.7. Densidad de carga de fuego aportada por paneles con distintos núcleos y espesores (ejemplo)

A la vista de los datos, es obvio que los productos que presentan una mayor carga de fuego son los representados por los mayores espesores y mayores PCS. Pero también se aprecia que en función de las características del núcleo del panel se abrirá un rango de PCS muy amplio.

Volviendo al inicio de este apartado, se hacía referencia a la necesidad de disponer del PCS de los materiales constructivos en los casos de instalaciones industriales cuando el NRI se deseaba calcularlo a través de la siguiente expresión:

$$Q_s = \frac{\sum_i G_i q_i C_i}{A} R_u \text{ (MJ/m}^2\text{) o (Mcal/m}^2\text{)}$$

Para estimar la contribución de los paneles sándwich el cálculo del NRI, lo primero que se debe conocer es que nunca la aportación de un panel sándwich será la misma, ya que como se ha demostrado en los ejemplos anteriores, el valor del PCS tiene una gran variación.

En segundo lugar, en base a los datos anteriores, sería posible realizar una aproximación a la posible contribución de los paneles sándwich con los núcleos considerados en este documento con el fin de establecer su grado de aportación de carga de fuego. Tomando como referencia los valores límites indicados en el RSCIEI para cada uno de los 8 NRI posibles, se tendrán los siguientes datos:

NRI	Carga de fuego (MJ/m ²)	Aportación paneles sándwich lana mineral (%)	Aportación paneles sándwich de poliuretano (%)
Bajo 1	Inferior a 425	—	—
Bajo 2	425	1,68 – 21,64	6,59- 58,67
Medio 3	850	0,84 – 10,82	3,29 – 29,34
Medio 4	1275	0,56 – 7,21	2,20 – 19,56
Medio 5	1700	0,42 – 5,41	1,65 – 14,67
Alto 6	3400	0,21 – 2,70	0,82 – 7,33
Alto 7	6800	0,10 – 1,35	0,41 – 3,67
Alto 8	13600	0,05 – 0,68	0,21 – 1,83

Tabla T6.8. Aportación de los paneles sándwich con núcleo de lana mineral y poliuretano a la carga de fuego de un establecimiento (ejemplo)

Esta tabla nos indica que ambos tipos de paneles contribuirán al NRI. El grado de aportación será diferente en función del NRI, siendo en niveles bajo donde mayor será su contribución y al contrario en niveles alto. Además, para ambos tipos de paneles, en los niveles bajos es donde se observa una mayor variabilidad.

Dado que las medidas de protección pasiva y activa se establecen en función del NRI y el tipo de recinto, se observa que en los niveles donde mayor es la aportación al NRI por parte de los paneles sándwich, es donde menores exigencias existen. Esto es debido a que la carga de fuego de los recintos industriales con bajo NRI es relativamente baja y cobra mayor importancia la contribución del panel sándwich.

7. Instalación y montaje de paneles sándwich

El proceso de instalación y montaje es una actividad de gran relevancia en el proceso de construcción de una instalación con paneles sándwich y tendrá efecto durante la vida útil de la instalación y que, en caso de incendio, jugará un papel relevante especialmente si ha realizado de manera defectuosa. Estas operaciones se deben practicar respetando al máximo las indicaciones del fabricante, así como la información contenida en los informes emitidos por el laboratorio de ensayo encargado de caracterizar el comportamiento al fuego del panel tanto de reacción como de resistencia al fuego.

Durante el proceso de instalación y montaje, siempre se tiene que respetar la estructura del panel, evitando en todo momento la exposición externa del núcleo aislante. Por ello, lo primero que se tiene que tener en cuenta es que el panel que vaya a instalarse debe ser previamente inspeccionado para asegurarse que no presenta daños en sus diferentes elementos como consecuencia del transporte. Además, se deberá comprobar que se dispone de toda la información sobre las prestaciones del panel recibido y no sobre uno genérico. En este punto, es necesario resaltar que el panel que se va a instalar disponga de la clasificación reacción/o resistencia al fuego requerida. Dicha información vendrá recogida en el informe de clasificación correspondiente. Realizar esta comprobación en este momento evitará confusiones en fases posteriores donde es complicado resolver dicha cuestión.

La distancia entre apoyos no será siempre un valor constante y será especificada para cada tipo de panel. Dicha información deberá ser facilitada únicamente por fabricante del panel.

En algunos trabajos, podrá ser necesario la utilización de sellantes. En estos casos, la clasificación de reacción al fuego deberá ser igual o superior a la clasificación del panel empleado. El ensayo de reacción al fuego del sellante deberá en aplicación final de uso, es decir, ensayado sobre un panel sándwich con una euroclase igual o más desfavorable que el uso previsto. En el caso que se requiera una clasificación de resistencia al fuego al panel sellante, sería recomendable que el sellante disponga de una evaluación de la resistencia al fuego en las mismas condiciones que las indicadas para la reacción al fuego.

En los ensayos de fuego, especialmente los de reacción al fuego, es posible evaluar el panel aplicando la llama sobre directamente sobre el núcleo aislante. Como ya se indicó, la euroclase del núcleo en dichas condiciones será al menos E. No obstante, las protecciones perimetrales de los paneles sándwich de cualquier núcleo deberán ser protegidas para evitar no solo la posible afectación del núcleo y su posible propagación del fuego, sino para evitar que se produzca fenómenos de delaminación.

Uno de los puntos más característicos de los paneles sándwich son sus juntas. Dada la gran versatilidad y uso de los paneles sándwich, las juntas presentarán una gran variedad de diseños adaptándose a las necesidades de los sectores donde vaya a ser destinado el panel. Además, las juntas presentan un punto crítico en caso de incendio dado que por efecto de la temperatura se podrán sufrir alteraciones que conduzcan a una exposición del núcleo aislante. Este será un aspecto de gran importancia no siendo posible intercambiar tipos de juntas con mismos tipos de paneles sino están contempladas en los correspondientes informes de ensayo de fuego. Por tanto y dada la importancia que representan en una instalación, la ejecución de la unión entre paneles deberá ser realizada con la mayor precisión posible.

Un aspecto que podría ser considerado menor pero que puede conllevar problemas de cierta importancia en la junta son los descuidos por dejar sobre el panel, una vez haya sido instalado en obra, el fin protector que incorporan los paneles cuando finaliza su proceso de fabricación. En caso de incendio, algunos tipos de films protectores podrían provocar en las primeras etapas de incendio una inflamación rápida que podría someter a la junta a unos efectos térmicos relevantes. Estos hechos se han podido experimentar en ensayos de laboratorio conduciendo a inflamaciones repentinas que se han propa-

gado a lo largo de la extensión del film. Este efecto podría producirse en los puntos singulares del panel que es donde existe mayor riesgo que queden restos de estos materiales de protección.

Los puntos singulares además son puntos donde en ocasiones deben llevar a cabo actuaciones complejas por ello deben realizarse siempre contando con el asesoramiento técnico del fabricante ya que a buen seguro, proporcionará accesorios específicos para no poner en riesgo el panel sándwich en caso de incendio. Puntos singulares en una instalación de paneles sándwich pueden considerarse las cumbreras, canalones, limahoya, coronaciones, esquinas interiores y exteriores, etc. Los encuentros entre paneles también son considerados puntos singulares pero dichos encuentros se intentan reproducir en los ensayos de reacción al fuego. Por ello, deben seguirse las instrucciones proporcionadas en los informes sobre el encuentro llevado a cabo en los ensayos para no correr el riesgo de plantear una solución fuera del alcance de extensión de los resultados de ensayo. Obviamente, no pueden reproducirse todas las posibilidades, pero al menos es importante practicar estos encuentros de la manera más próxima a la reproducida en los ensayos.

7.1. Fijaciones

La fijación de los paneles debe realizarse con un par de apriete adecuado y usando placas repartidas donde se considera oportuno. Pero antes de fijar el panel, es recomendable el uso de galgas temporales que permitan colgar el panel como paso previo a su posición definitiva.

Las fijaciones sobre la estructura en paneles exteriores es adecuado practicarlas con soportes elásticos o de neopreno. En este punto es importante aclarar que estos soportes no serían los mismos que se emplean para garantizar la estanquidad y que se emplean con frecuencia en las juntas entre paneles. En este último caso, si el panel presenta dicho elemento, el ensayo correspondiente deberá haber incluido dicho material.

Las fijaciones en cubiertas deberían atravesar ambas chapas metálicas ya que representan situaciones de riesgo en caso de incendio debido a que limitan el paso vertical de gases combustibles y humo. Normalmente disponen de una gran superficie en contacto con el humo caliente y por ese motivo existirá un alto riesgo de delaminación. Por este motivo, es recomendable diseñar instalaciones cubiertas altas para favorecer la disipación de calor y minimizar el riesgo de aparición del flashover.

Las fijaciones pueden ser ocultas o pasantes. Se incluyen a continuación algunos ejemplos:

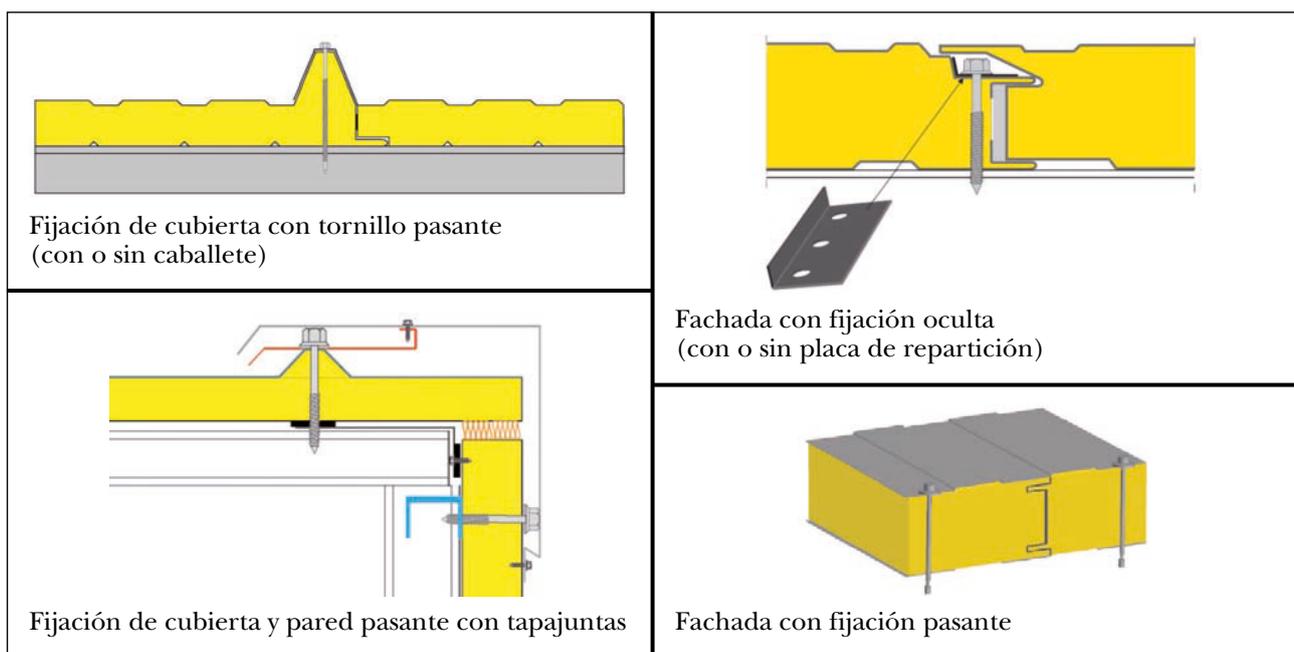


Figura F7.1. Ejemplos de tipos de fijaciones utilizadas en construcciones con paneles sándwich. Fuente: Cortesía de RAGE

En el Capítulo 7.2 de este Manual “Soluciones constructivas” se pueden encontrar otros ejemplos de fijaciones.

Recomendaciones acerca de las fijaciones:

Las fijaciones sobre estructuras de acero deben realizarse mediante tornillos autorroscantes de diámetro igual o superior a 6,3 mm, o autotaladrantes de al menos 5,5 mm.

No deben fijarse los paneles de cubierta por el valle.

Se deben evitar punzonamientos. El tornillo no debe estar demasiado apretado ni demasiado flojo.

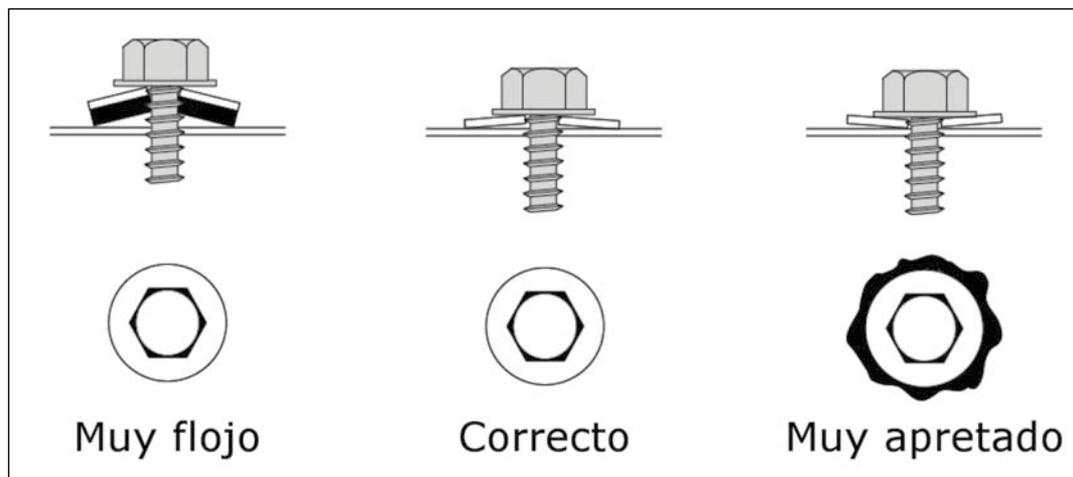


Figura F7.2. Recomendaciones acerca del apriete de tornillos utilizados en fijaciones sobre estructuras de acero. Fuente: Elaboración propia

La longitud del tornillo autotaladrante será tal que sobresalga un hilo del soporte.

Se recomienda que los tornillos de acero cementado tengan una protección anticorrosión según ISO-EN 3231 de 12 ciclos Kesternich. En ambientes de frente marino y severos se recomienda el uso de fijaciones inoxidables A2.

Pueden utilizarse caballetes.

En cámaras frigoríficas se fija mediante elementos con rotura de puente térmico (por ejemplo, varilla con rosca métrica y con tuerca embutida en PVC; por una cara, sólo en paneles con refuerzo interior; o con T de suspensión de techo).

A menudo los paneles de compartimentación interior, en paredes, simplemente se fijan al suelo y al techo mediante remates U y/o L.

7.2. Soluciones constructivas

Se presentan a continuación algunas soluciones constructivas habituales para locales con regulación de temperatura, y locales para uso agroalimentario (con requisitos sanitarios) en cuyo caso se distingue además entre locales con temperatura negativa y locales con temperatura positiva.

Soluciones para locales de baja higrometría

A efectos de este documento, se considera local de baja higrometría cuando el nivel de presión de vapor de agua es inferior a 15 mmHg y $W/n \leq 2,5 \text{ g/m}^3$ siendo

W la cantidad de vapor de agua producido en el interior del local en gr/hora y

n la cantidad de renovaciones de aire del local en m^3/hora .

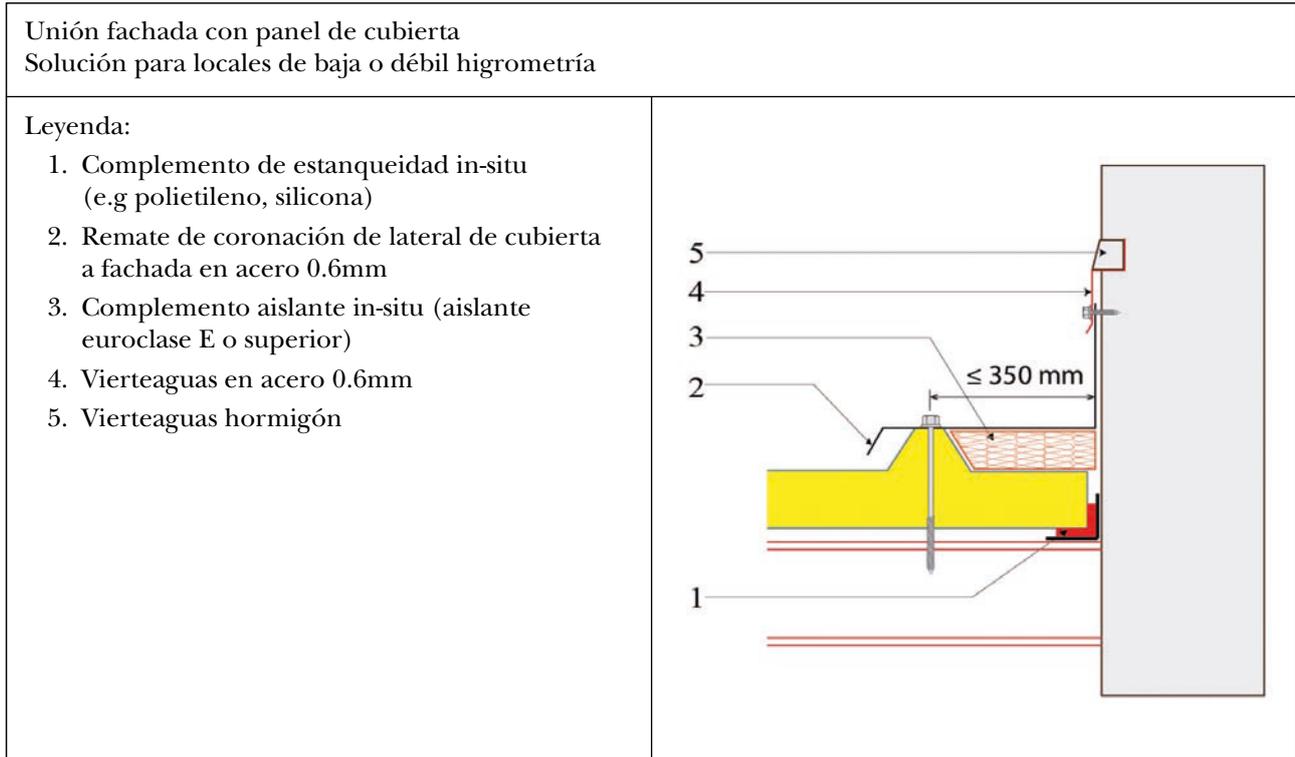


Figura F7.3.(1) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con baja higrometría. Fuente: RAGE

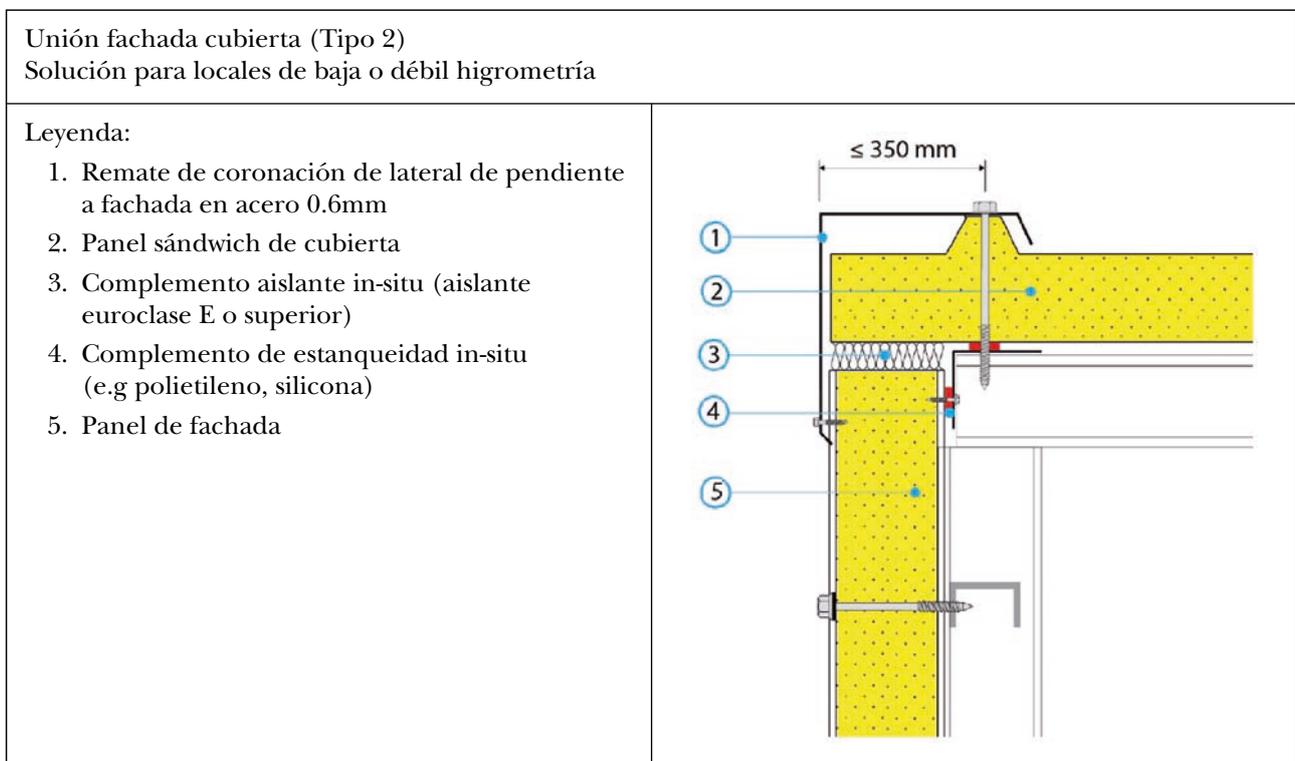


Figura F7.3.(2) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con baja higrometría. Fuente: RAGE

<p>Unión peto a alto de pendiente Solución para locales de baja o débil higrometría</p>	
<p>Leyenda:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Correa de apoyo 2. Complemento de estanqueidad in-situ (e.g polietileno, silicona) 3. Complemento aislante in-situ (aislante euroclase E o superior) 4. Chapa perfilada en acero 0.6mm 5. Remate de coronación de albardilla en acero 0.6mm 	

Figura F7.3.(3) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con baja higrometría. Fuente: RAGE

<p>Unión fachada a alto de pendiente Solución para locales de baja o débil higrometría</p>	
<p>Leyenda:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Complemento de estanqueidad in-situ (e.g polietileno, silicona) 2. Complemento aislante in-situ (aislante euroclase E o superior) 3. Remate ángulo exterior en acero 0.6mm 4. Cumbreira troquelada de unión de fachada a alto de pendiente en acero 0.6mm <p>Pendiente mínima recomendable de la cubierta 5%.</p> <p>Para pendientes inferiores al 7% colocar un perfil contraperfil bajo el remate de unión de fachada a alto de pendiente.</p>	

Figura F7.3.(4) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con baja higrometría. Fuente: RAGE

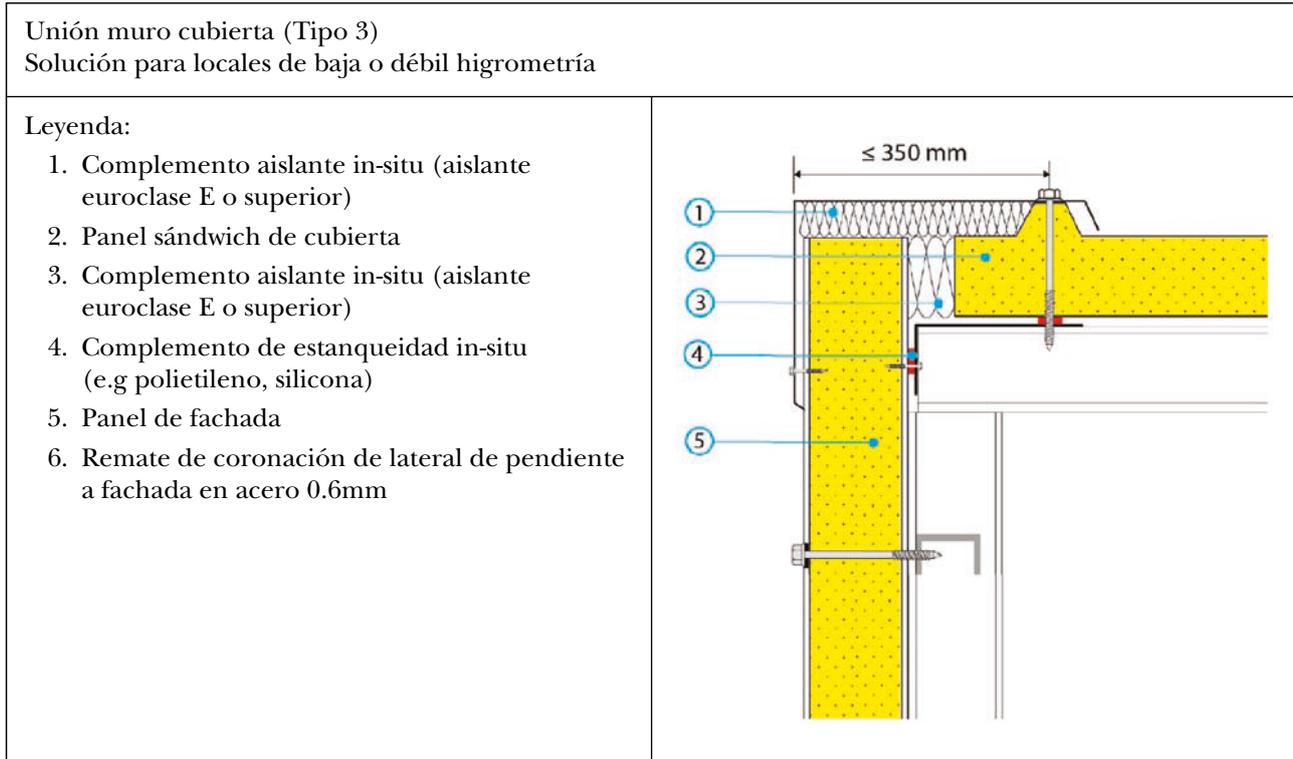


Figura F7.3.(5) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con baja higrometría. Fuente: RAGE

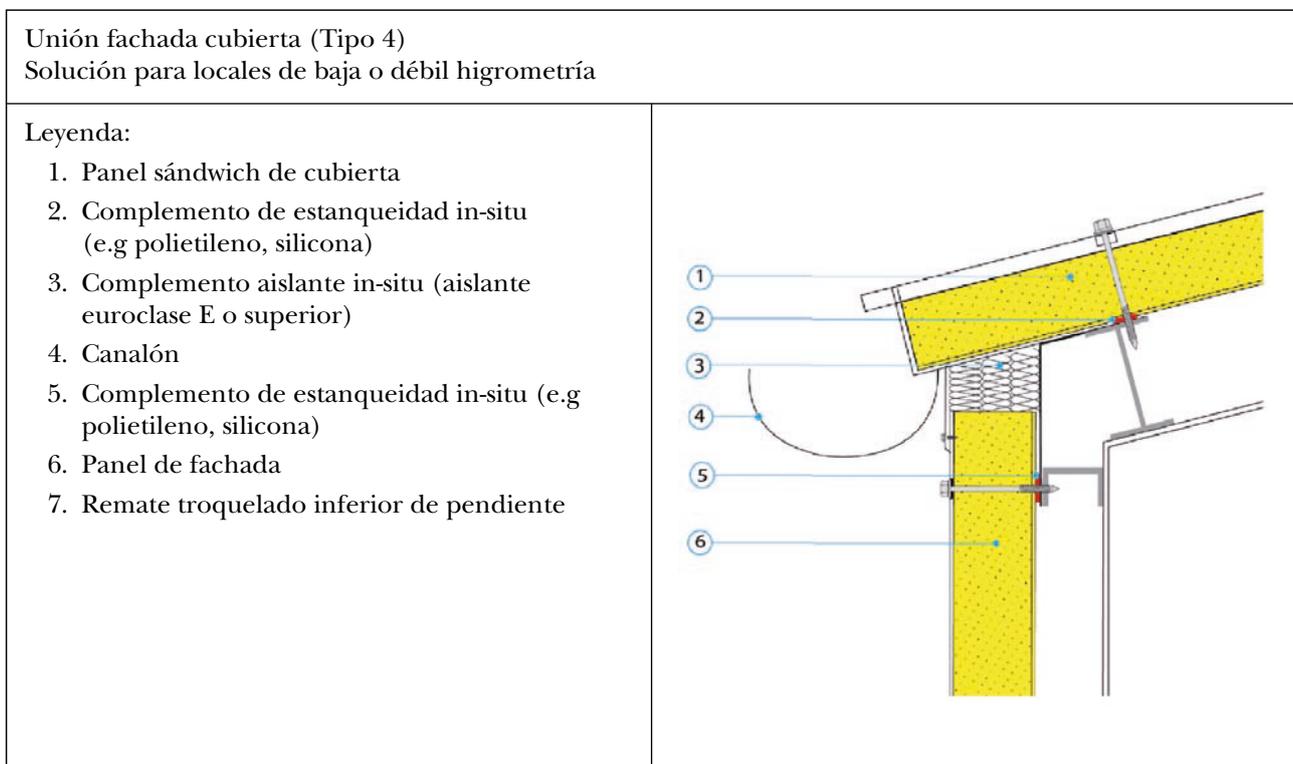


Figura F7.3.(6) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con baja higrometría. Fuente: RAGE

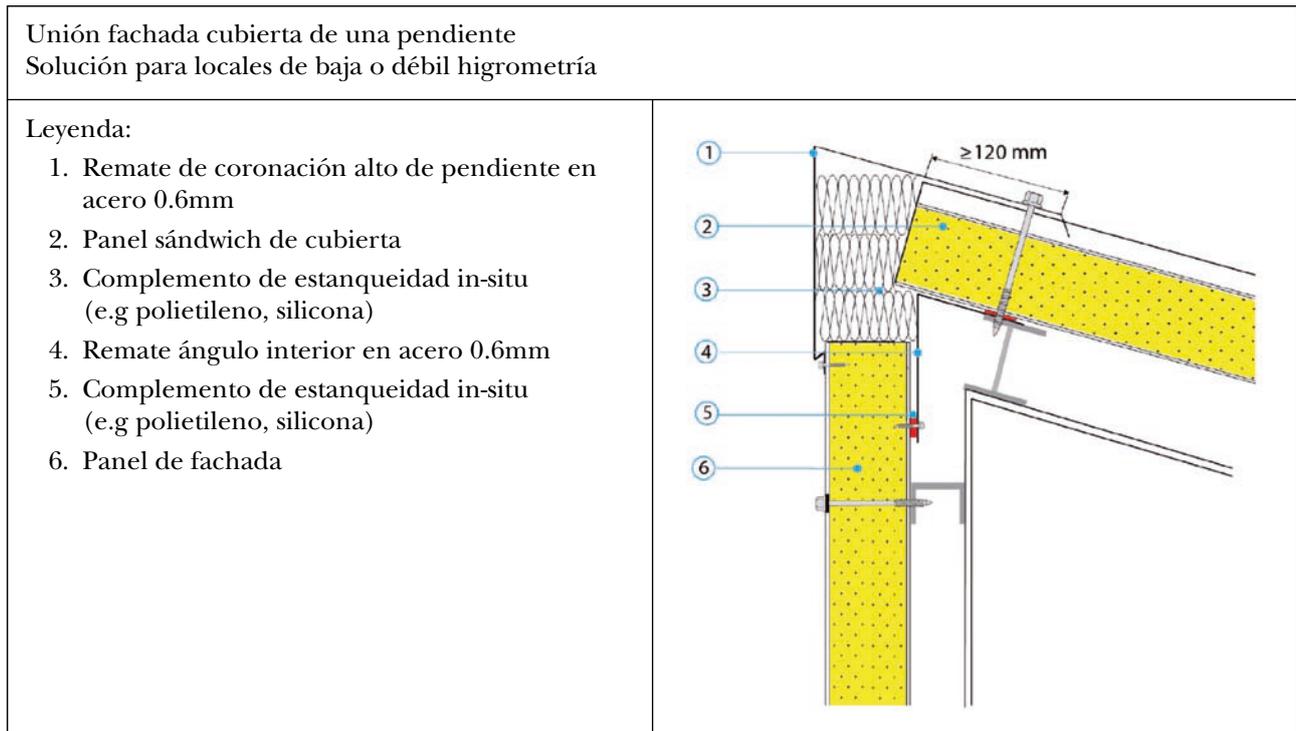


Figura F7.3.(7) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con baja higrometría. Fuente: RAGE

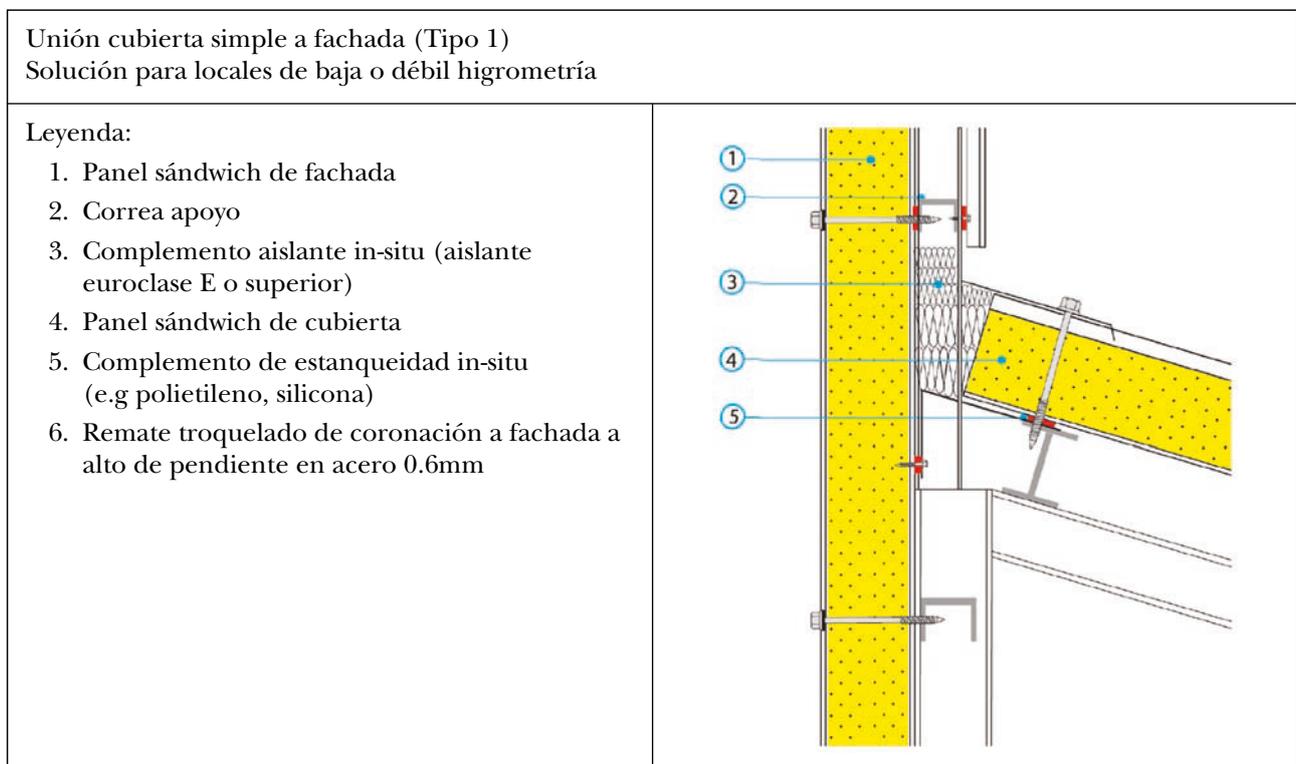


Figura F7.3.(8) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con baja higrometría. Fuente: RAGE

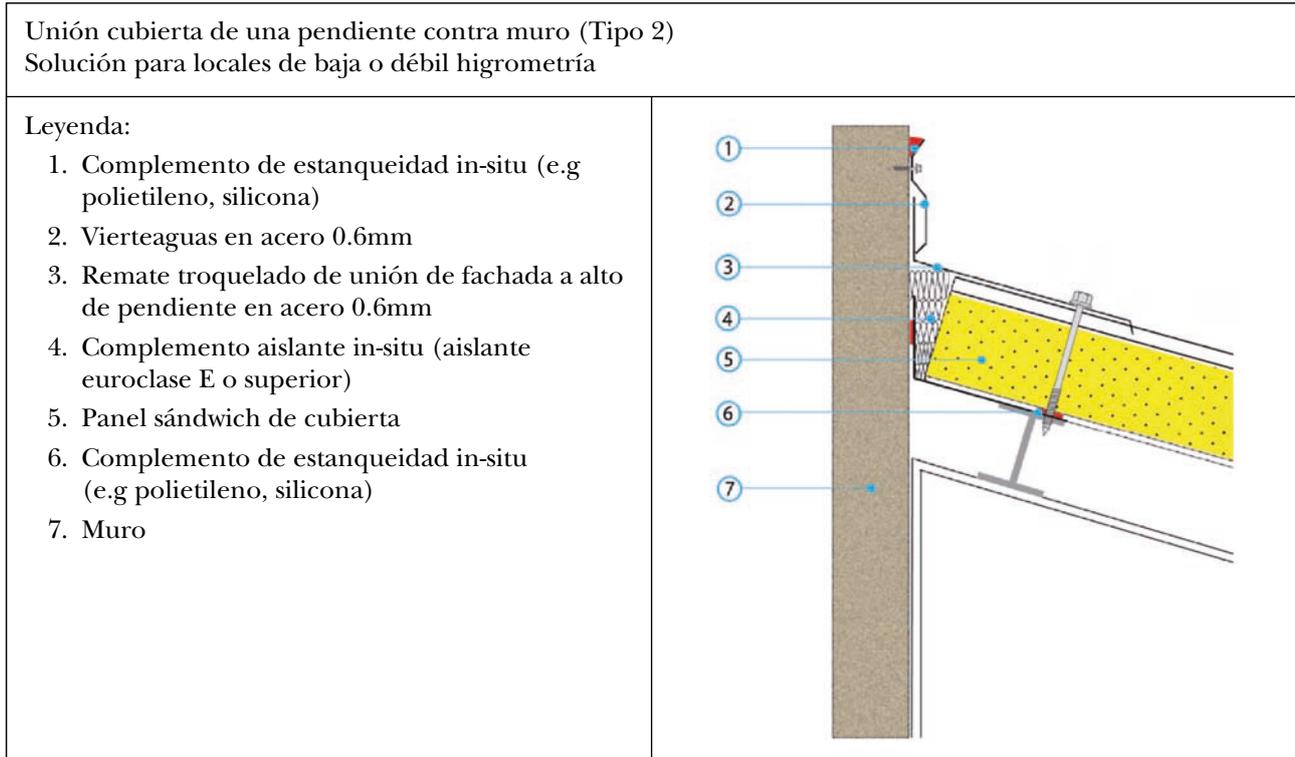


Figura F7.3.(9) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con baja higrometría. Fuente: RAGE

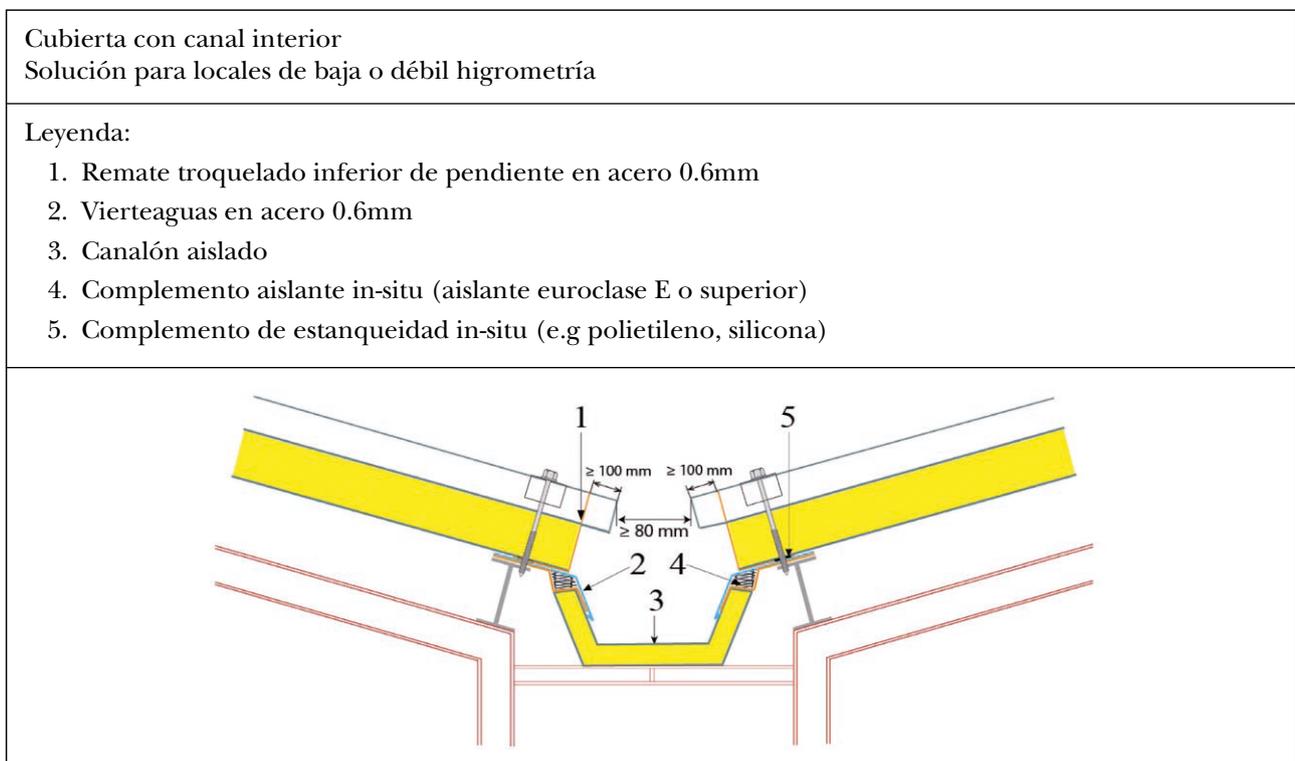


Figura F7.3.(10) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con baja higrometría. Fuente: RAGE

Unión cumbre de doble pendiente
Solución para locales de baja o débil higrometría

Leyenda:

1. Complemento de estanqueidad in-situ (e.g polietileno, silicona)
2. Complemento aislante in-situ (aislante euroclase E o superior)
3. Cumbre troquelada de doble pendiente en acero 0.6mm
4. Chapa bajo cumbre en acero 0.6mm

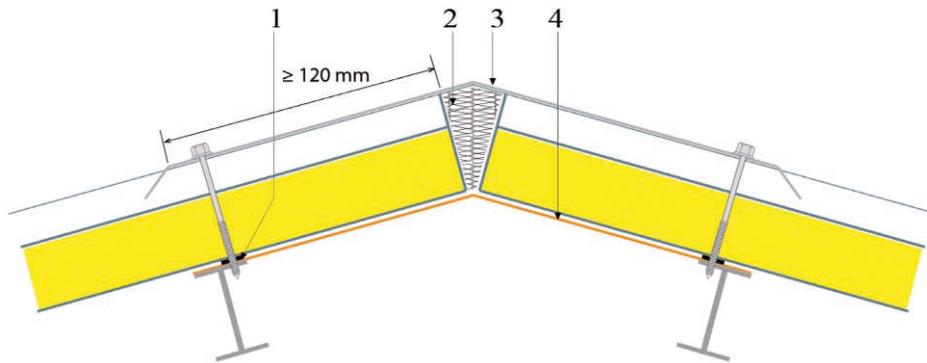


Figura F7.3.(11) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con baja higrometría. Fuente: RAGE

Unión de cubierta a claraboya en alto de pendiente
Solución para locales de baja o débil higrometría

Leyenda:

1. Claraboya
2. Complemento de estanqueidad in-situ (e.g polietileno, silicona)
3. Ángulo exterior en acero 0.6mm
4. Complemento aislante in-situ (aislante euroclase E o superior)
5. Panel sándwich
6. Complemento de estanqueidad in-situ (e.g polietileno, silicona)

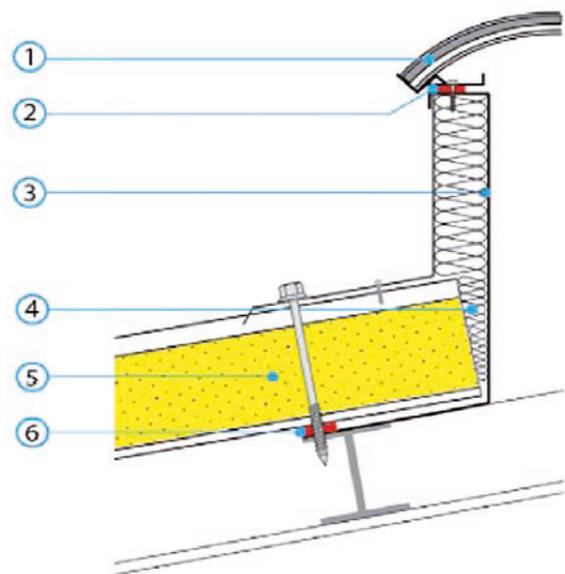


Figura F7.3.(12) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con baja higrometría. Fuente: RAGE

<p>Panel de fachada montaje horizontal Solución para locales de baja o débil higrometría</p>	
<p>Leyenda:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Panel de fachada con fijación oculta 2. Placa de repartición de carga (si procede) 3. Complemento de estanqueidad in-situ (e.g polietileno, silicona) 4. Complemento aislante in-situ (aislante euroclase E o superior) 5. Remate perfil omega en acero 0.6mm 	

Figura F7.3.(13) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con baja higrometría. Fuente: RAGE

<p>Panel de fachada montaje vertical (inferior fachada) Solución para locales de baja o débil higrometría</p>	
<p>Leyenda:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Complemento de estanqueidad in-situ (e.g polietileno, silicona) 2. Placa de repartición de carga (si procede) 3. Complemento de estanqueidad in-situ (e.g polietileno) 4. Remate vierteaguas en acero 0.6mm 	

Figura F7.3.(14) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con baja higrometría. Fuente: RAGE

Soluciones para locales de fuerte higrometría

A efectos de este documento, se considera local de alta higrometría cuando el nivel de presión de vapor de agua es igual o superior a 15mmHg y $W/n > 2,5 \text{ g/m}^3$ siendo

W la cantidad de vapor de agua producido en el interior del local en gr/hora y

n la cantidad de renovaciones de aire del local en m^3/hora .

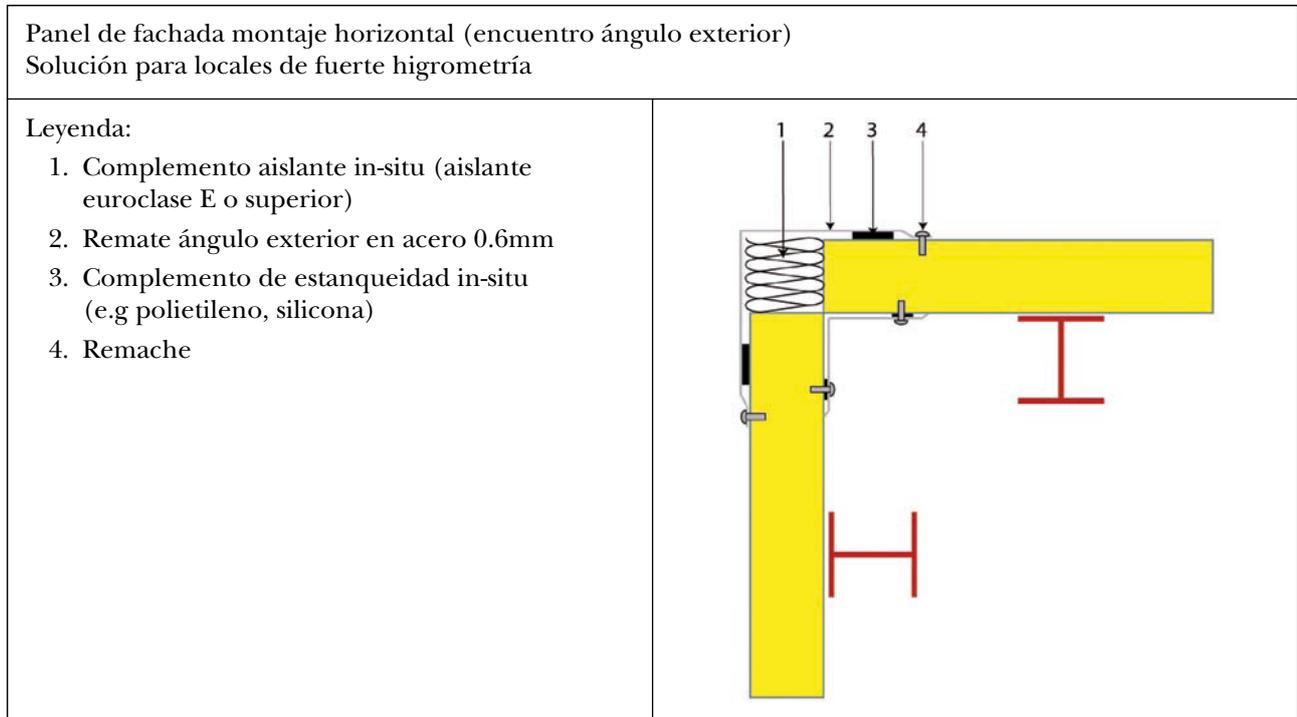


Figura F7.4.(1) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con fuerte higrometría. Fuente: RAGE

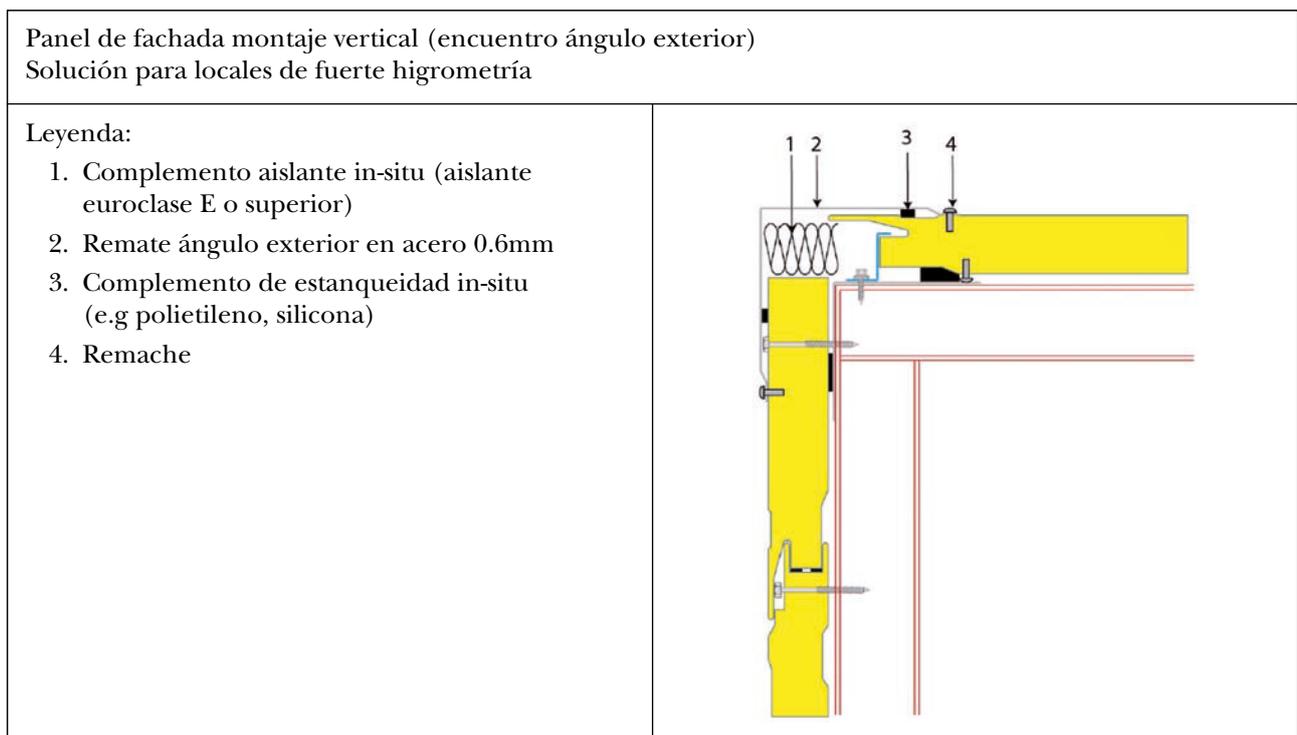


Figura F7.4.(2) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con fuerte higrometría. Fuente: RAGE

Soluciones para cámaras frigoríficas y procesos agroalimentarios

<p>Panel para cámaras frigoríficas y procesos agroalimentarios. Fijación directa por chino ($T^a < 0^{\circ}\text{C}$)</p>	
<p>Leyenda:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Panel aislante 2. Complemento de estanqueidad (silicona) 3. Complemento de estanqueidad (butilo) 4. Chino (capuchón de PVC con rosca metálica inserida) 5. Varilla métrica 6. Complemento aislante in-situ (espuma PUR con comportamiento al fuego similar al panel) 7. Estructura metálica 	

Figura F7.5.(1) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con baja higrometría. Fuente: RAGE

<p>Panel para cámaras frigoríficas y procesos agroalimentarios. Fijación directa por chino ($T^a > 0^{\circ}\text{C}$)</p>	
<p>Leyenda:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Panel aislante 2. Chino (capuchón de PVC con rosca metálica inserida) 3. Varilla métrica 4. Complemento aislante in-situ (espuma PUR con comportamiento al fuego similar al panel) 5. Complemento de estanqueidad (silicona) 6. Estructura metálica 	

Figura F7.5.(2) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con regulación de temperatura. Fuente: HUURRE IBÉRICA

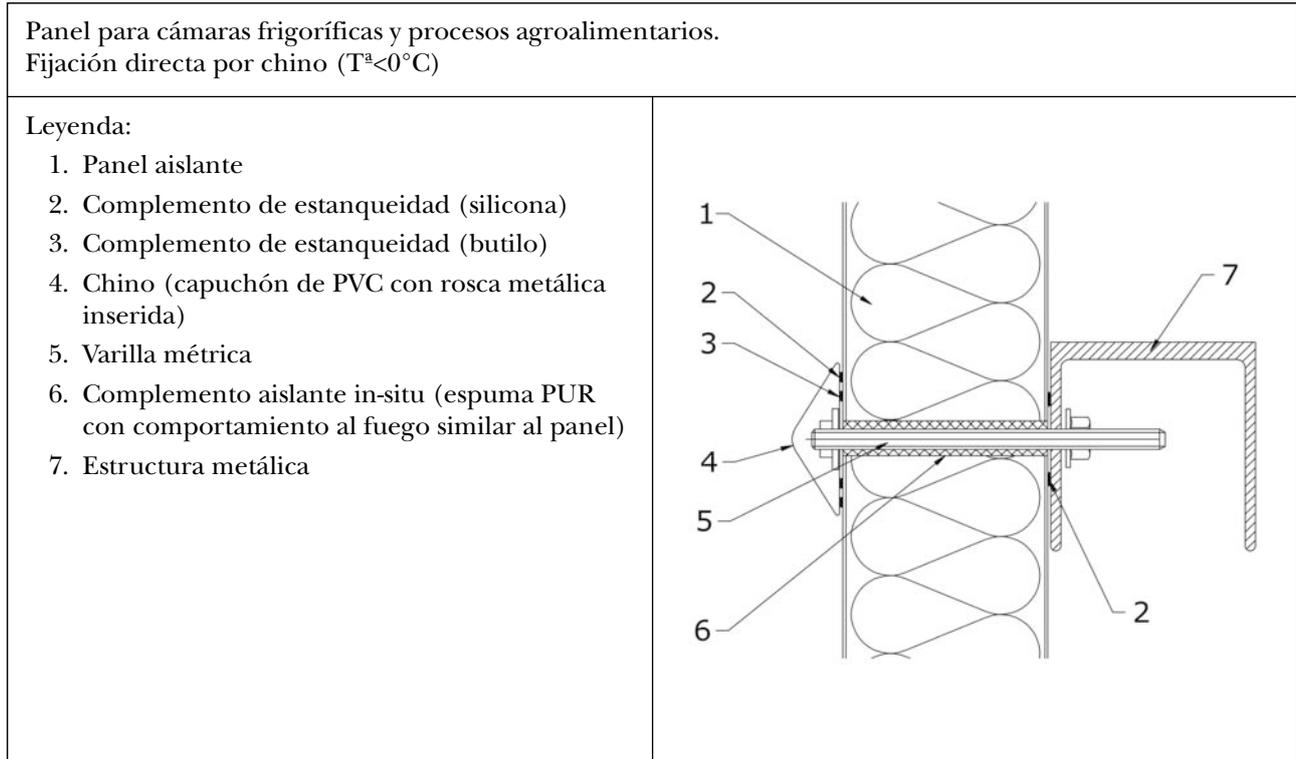


Figura F7.5.(1) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con baja higrometría. Fuente: RAGE

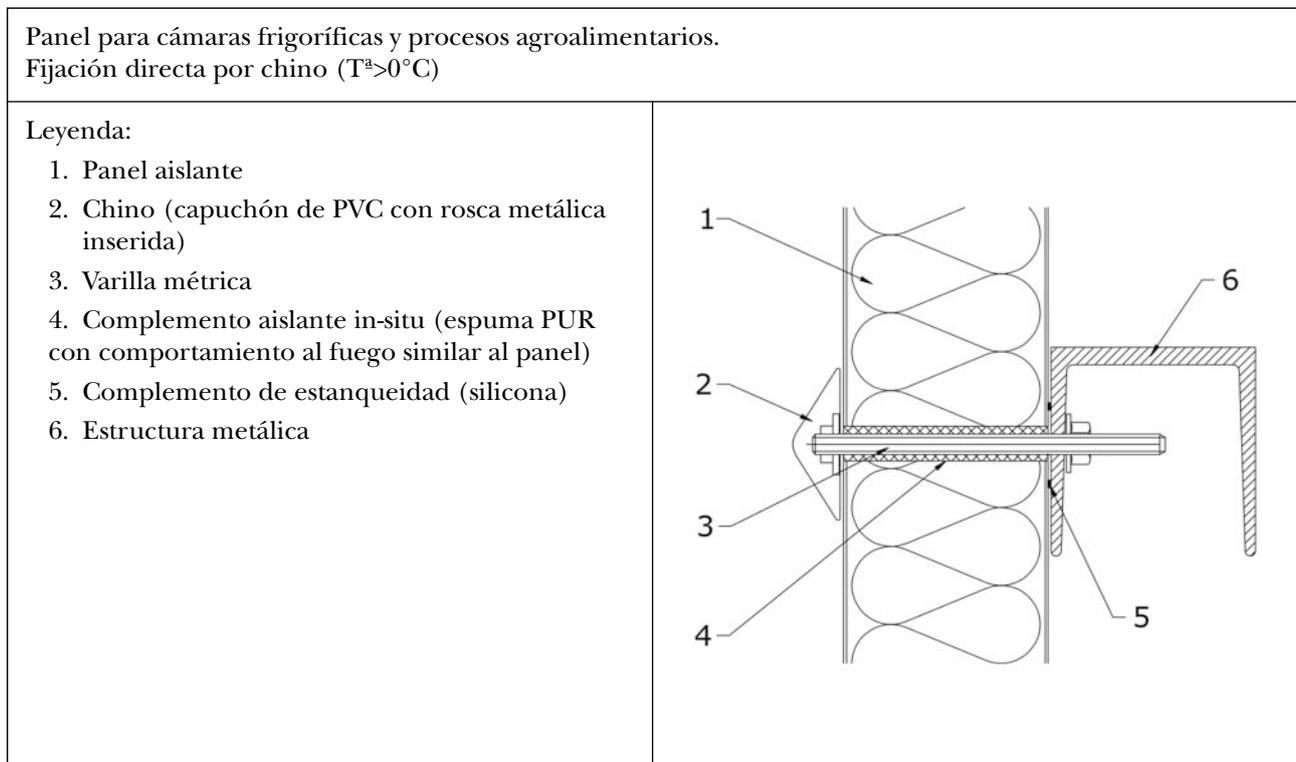


Figura F7.5.(2) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con regulación de temperatura. Fuente: HUURRE IBÉRICA

Panel para cámaras frigoríficas y procesos agroalimentarios.
Fijación panel de pared y techo con grapa.

Leyenda:

1. Varilla métrica
2. Tuerca metálica
3. Clamp (grapa)
4. Panel
5. Chino (capuchón de PVC con rosca metálica inserida)
6. Complemento de estanqueidad (silicona)
7. Estructura

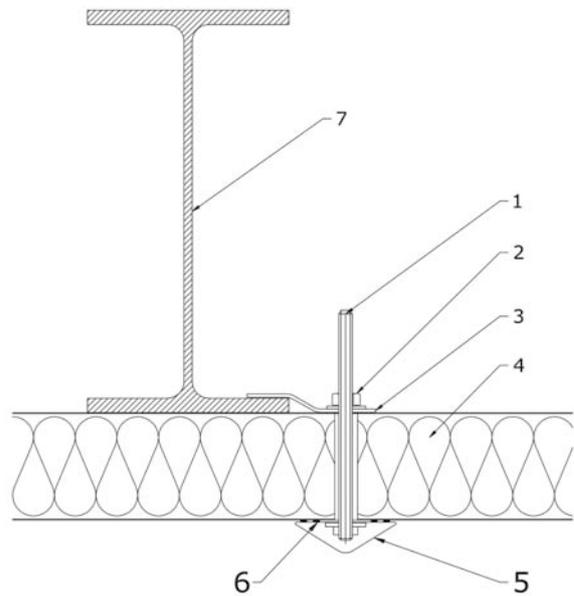


Figura F7.5.(3) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con regulación de temperatura.
Fuente: HUURRE IBÉRICA

Panel para cámaras frigoríficas y procesos agroalimentarios ($T^a > 0^{\circ}\text{C}$ y $T^a < 0^{\circ}$)
Fijación panel con grapa e insert

Leyenda:

1. Estructura
2. Panel
3. Refuerzo metálico (insert)
4. Clamp (grapa)
5. Tornillo de fijación

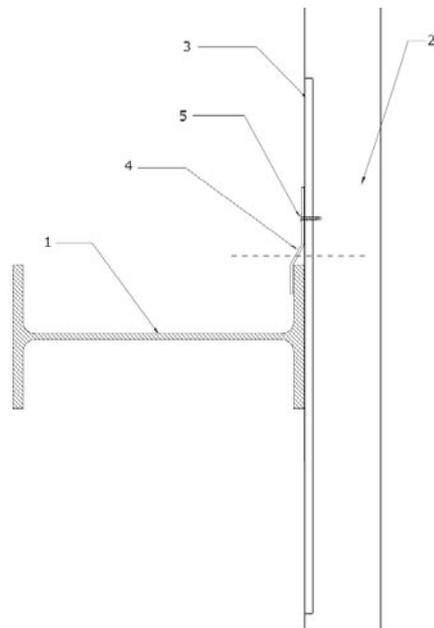


Figura F7.5.(4) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con regulación de temperatura.
Fuente: HUURRE IBÉRICA

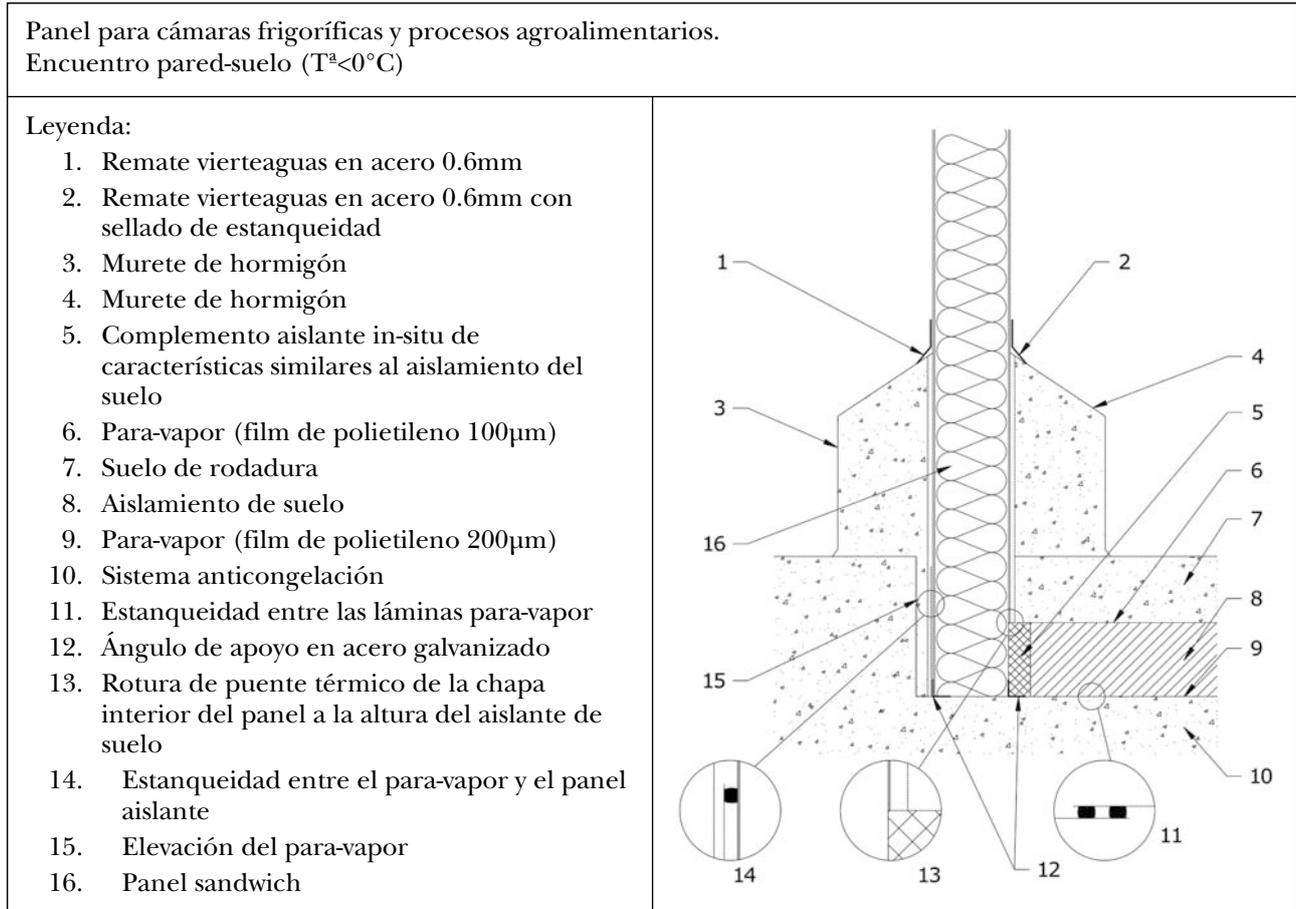


Figura F7.5.(5) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con regulación de temperatura.
Fuente: HUURRE IBÉRICA

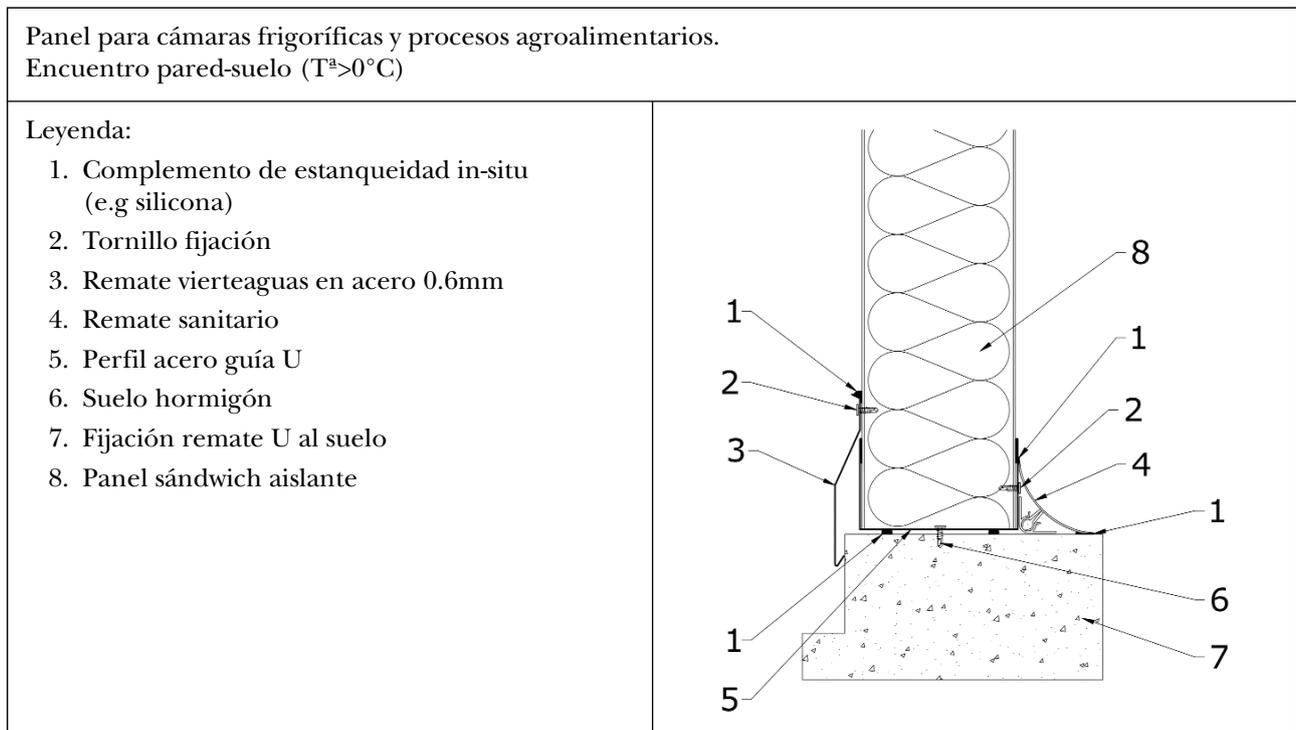


Figura F7.5.(6) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con regulación de temperatura.
Fuente: HUURRE IBÉRICA

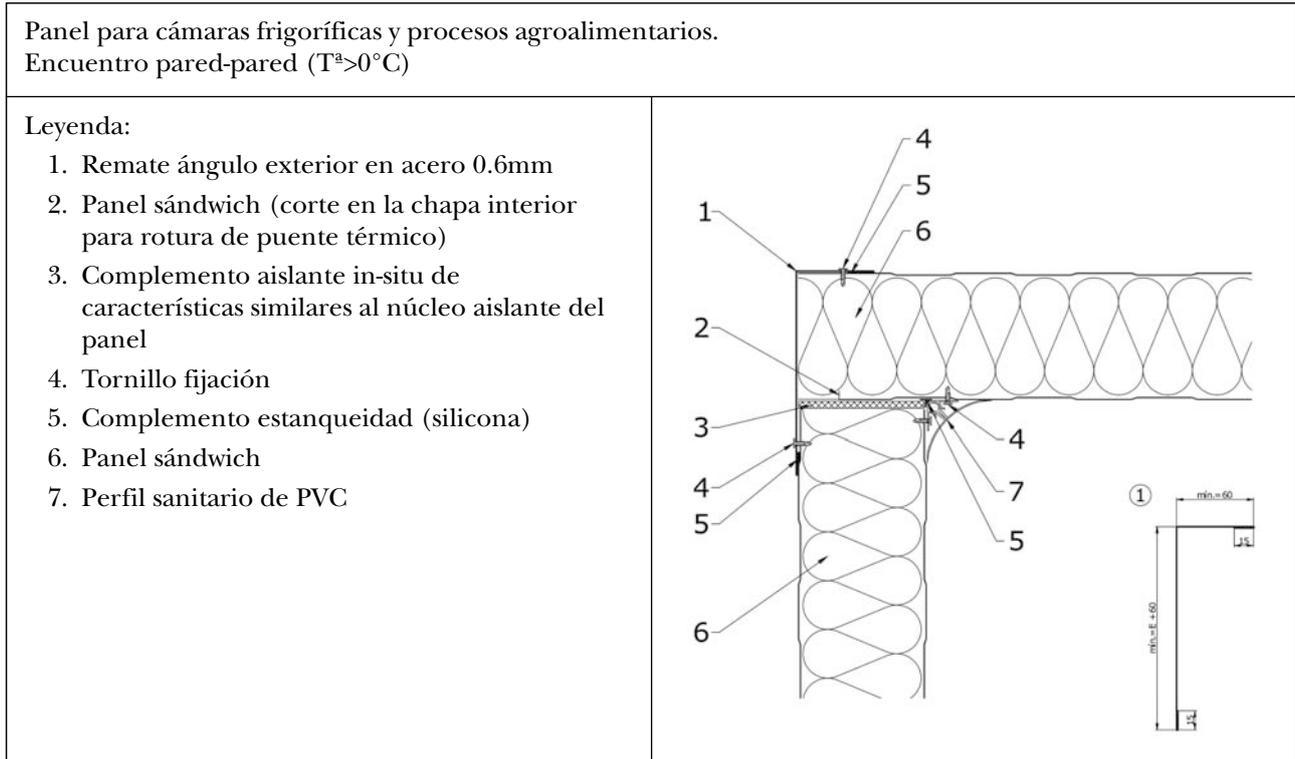


Figura F7.5.(7) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con regulación de temperatura.
Fuente: HUURRE IBÉRICA

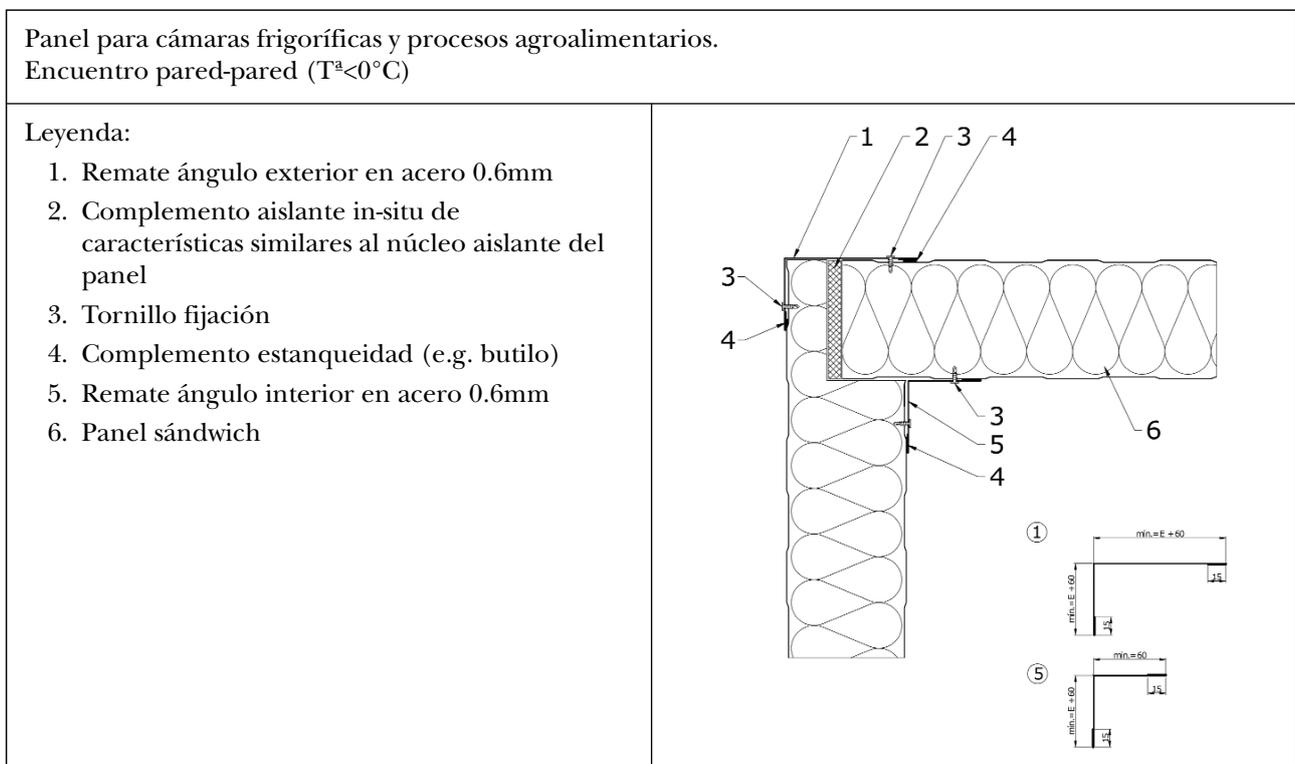


Figura F7.5.(8) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con regulación de temperatura.
Fuente: HUURRE IBÉRICA

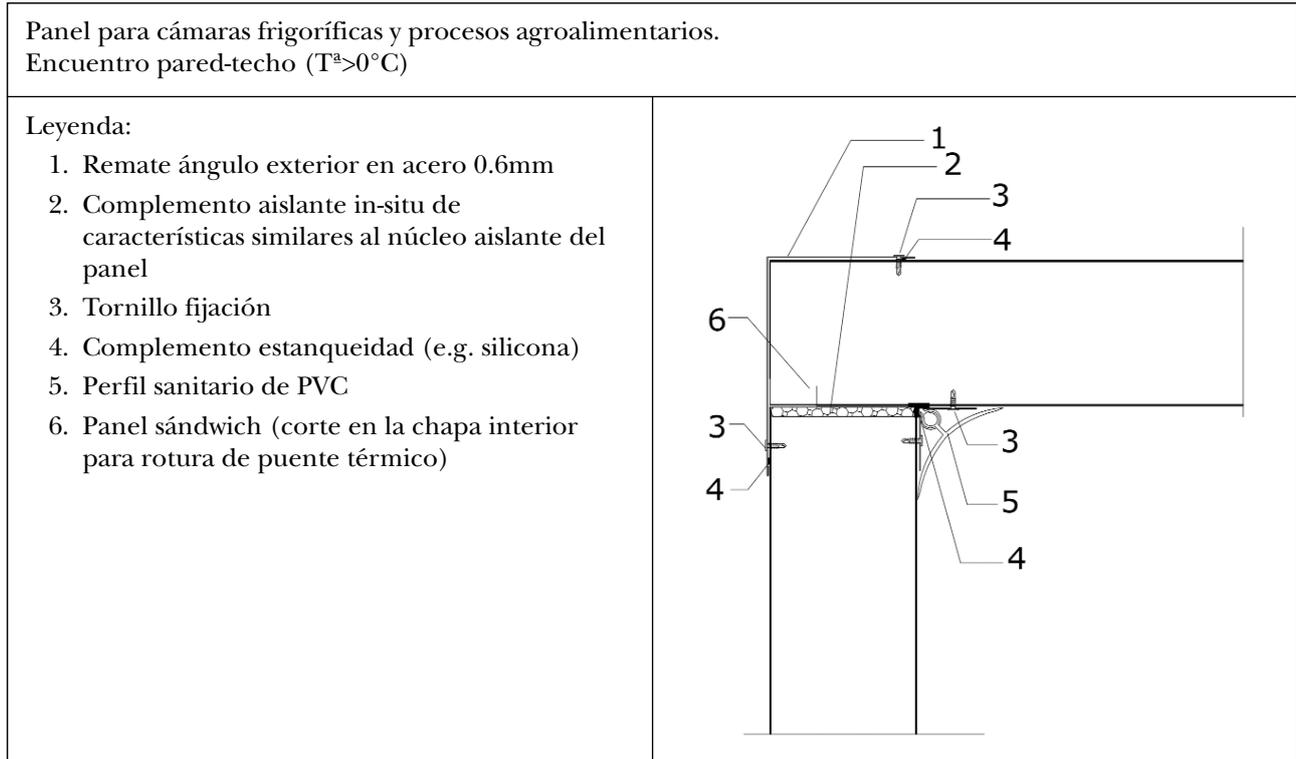


Figura F7.5.(9) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con regulación de temperatura.
Fuente: HUURRE IBÉRICA

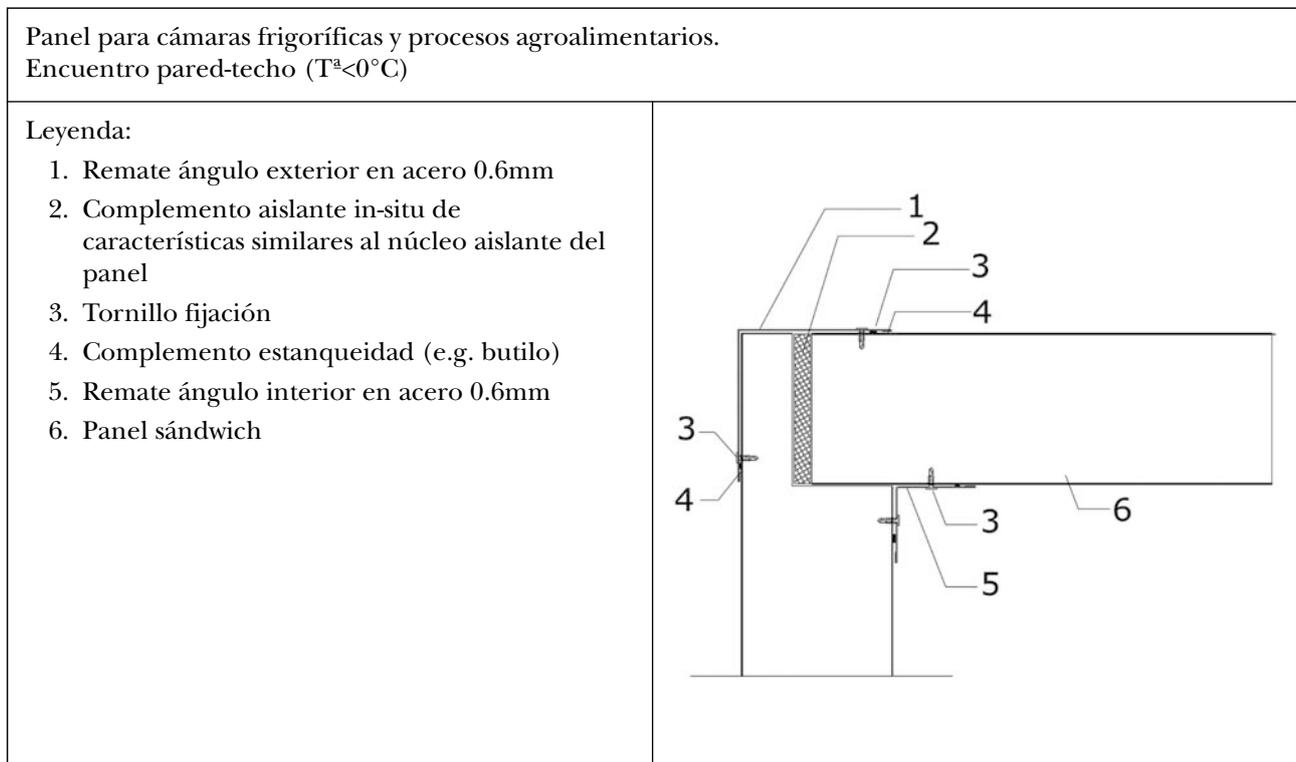


Figura F7.5.(10) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con regulación de temperatura.
Fuente: HUURRE IBÉRICA

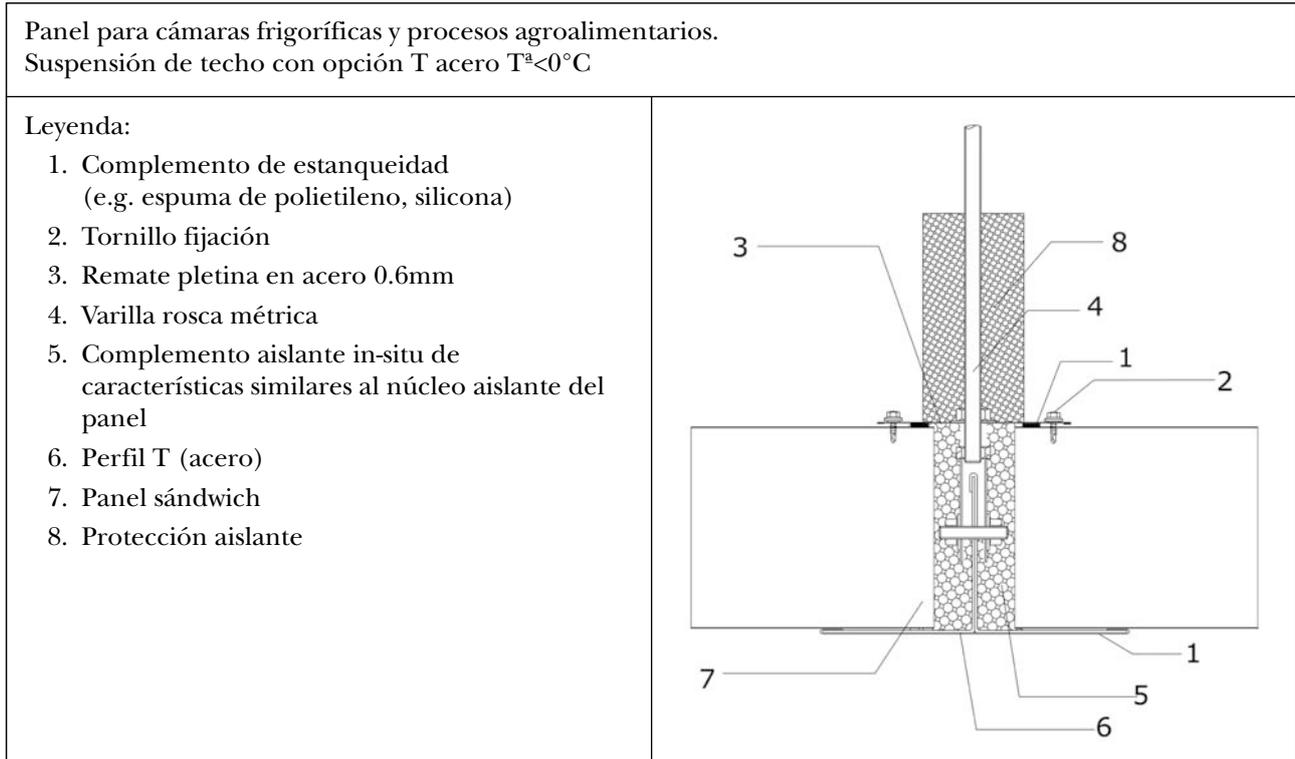


Figura F7.5.(11) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con regulación de temperatura.
Fuente: HUURRE IBÉRICA

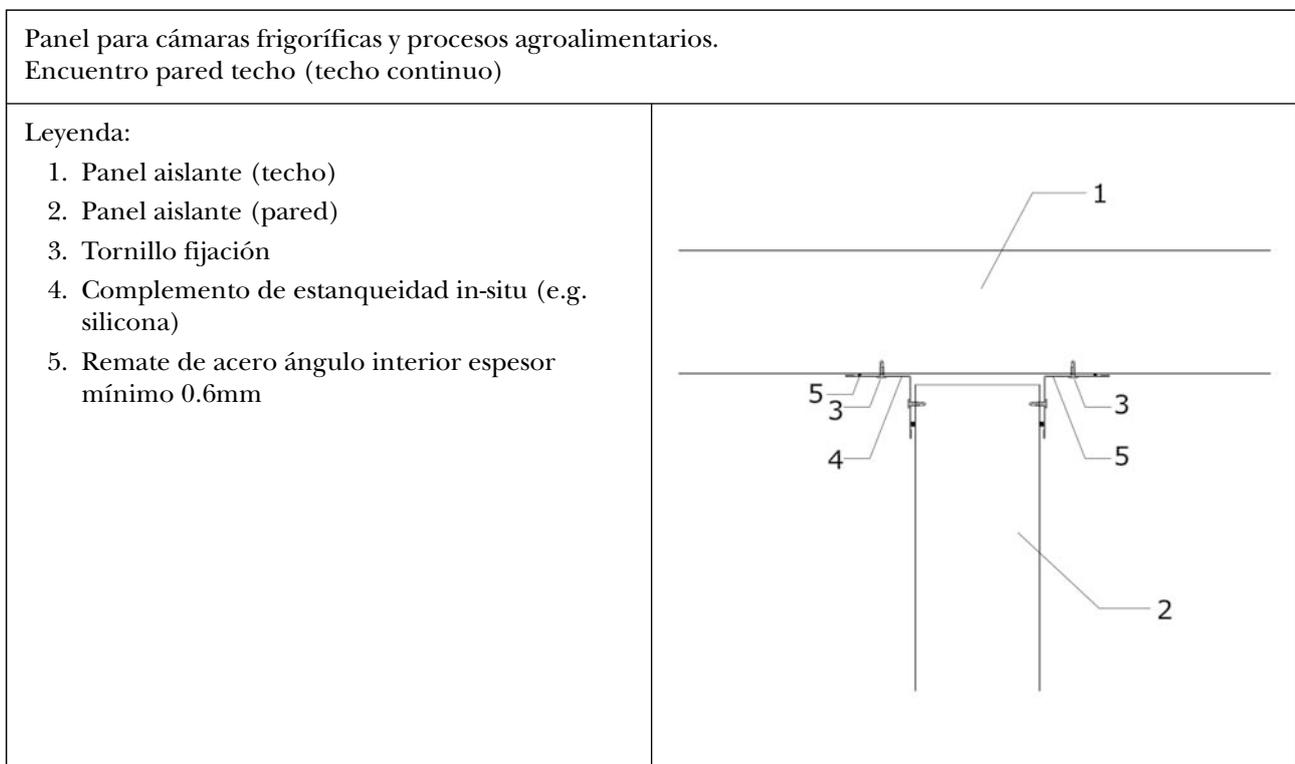


Figura F7.5.(12) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con regulación de temperatura.
Fuente: HUURRE IBÉRICA

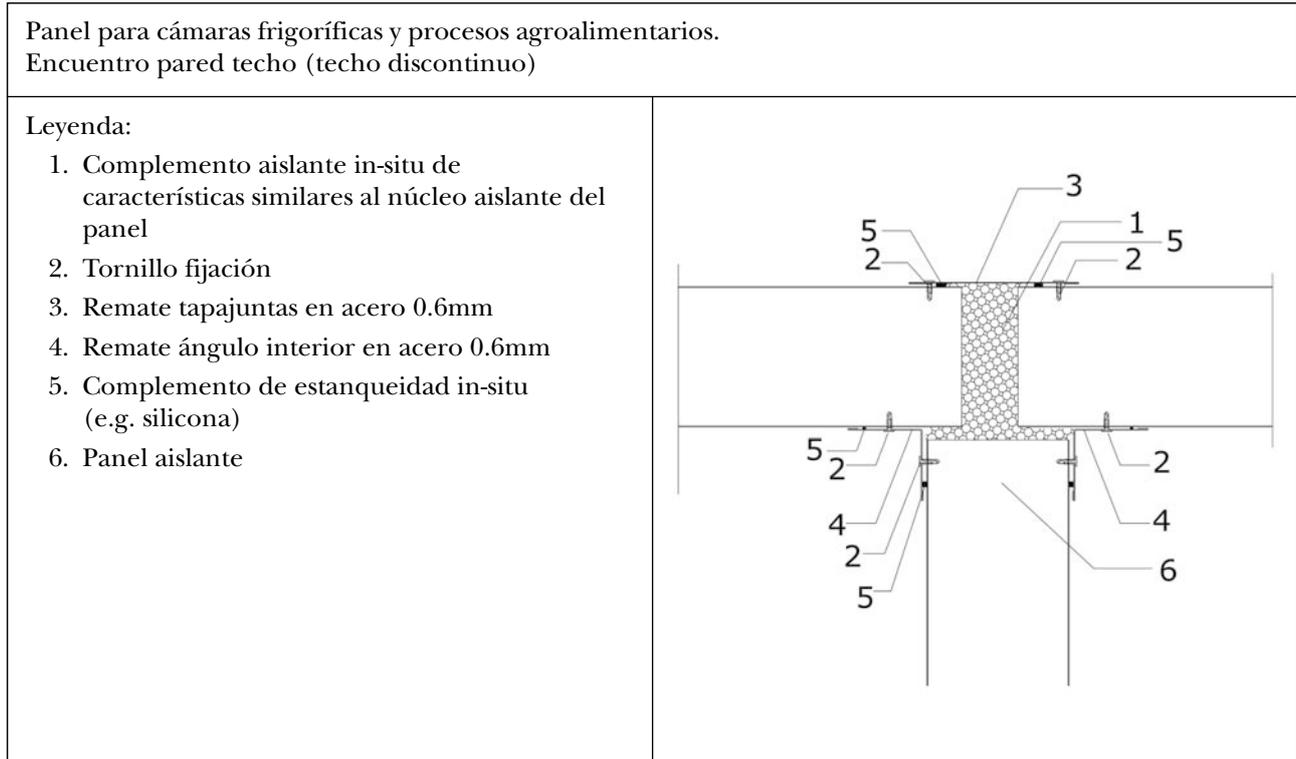


Figura F7.5.(13) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con regulación de temperatura.
Fuente: HUURRE IBÉRICA

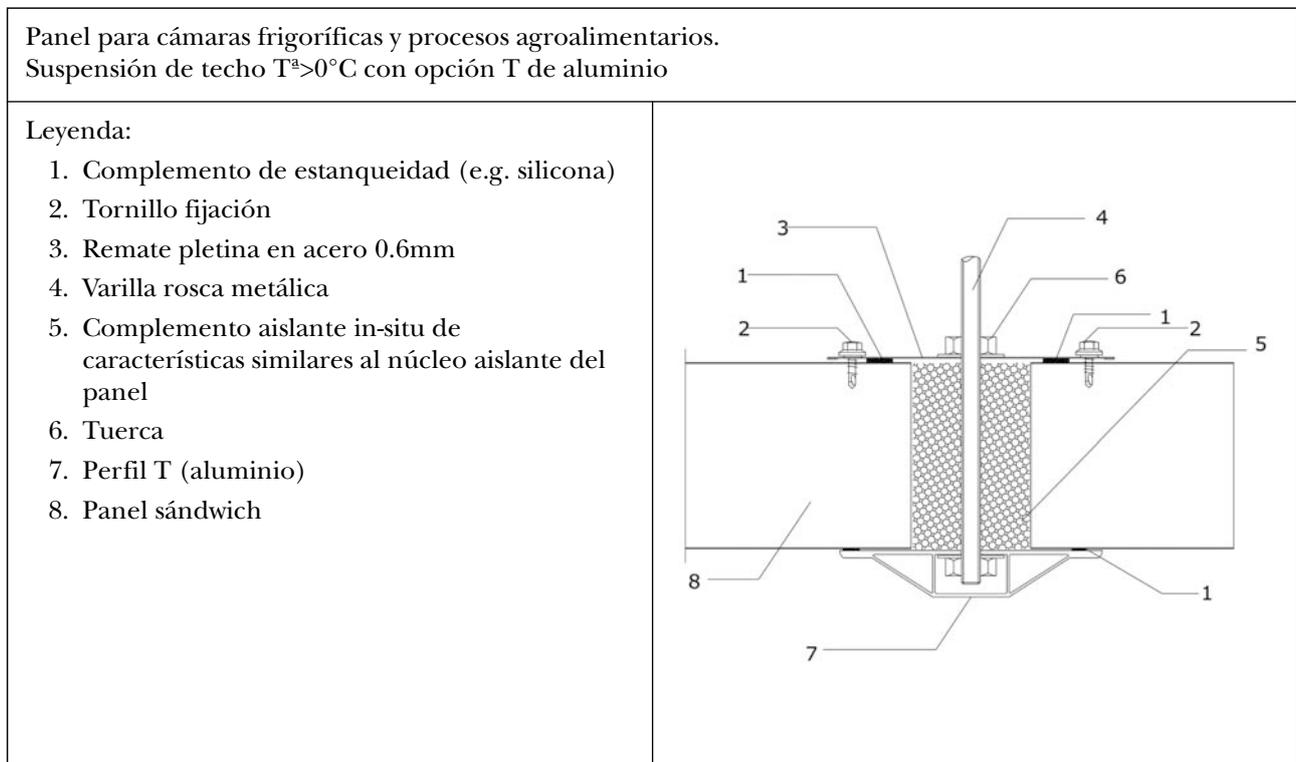


Figura F7.5.(14) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con regulación de temperatura.
Fuente: HUURRE IBÉRICA

Panel para cámaras frigoríficas y procesos agroalimentarios. Paso de tuberías	
<p>Leyenda:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Aislamiento in-situ de características adecuadas a la naturaleza de la tubería. Debe prolongarse unos cm a continuación del parámetro. En el caso de tuberías calientes debe utilizarse un aislante incombustible de resistencia superior a la temperatura del fluido. 2. Pletina de acero de espesor mínimo 0.6mm. En dos mitades. 3. Complemento de estanqueidad in-situ (e.g. silicona) 4. Tubería 	

Figura F7.5.(15) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con regulación de temperatura
Fuente: HUURRE IBÉRICA

Panel para cámaras frigoríficas y procesos agroalimentarios. Paso de cables	
<p>Leyenda:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pletina de acero de espesor mínimo 0.6mm. En dos mitades. 2. Complemento de estanqueidad in-situ (e.g. silicona) 3. Manguera no propagadora de llama 4. Prensa estopa 5. Cable eléctrico 	

Figura F7.5.(16) Ejemplos de soluciones constructivas para locales con regulación de temperatura.
Fuente: HUURRE IBÉRICA

8. Prácticas recomendadas en la manipulación y mantenimiento de paneles

En este apartado se van a mostrar una serie de recomendaciones cuando se emplean paneles sándwich con el fin mantener en perfecto estado una instalación con este tipo de productos. Estas recomendaciones están orientadas a la reducción del riesgo de incendio, así como su posible propagación, incidiendo en la reducción significativa de los daños materiales y pérdidas económicas. Las recomendaciones se agrupan en los siguientes bloques:

8.1. Transporte y manipulación

El transporte de los paneles como cualquier otro producto, se tiene realizar en condiciones de seguridad para evitar daños sobre el producto que le hagan perder en el futuro su funcionalidad. En primer lugar, los pallets empleados deben soportar el peso de los paneles, por ello deberán estar en perfecto estado.

A la hora de manipularlos se recomienda el uso de eslingas y se ha de evitar el contacto directo entre los paneles para evitar rozamientos y deformaciones. Los medios de elevación y manipulación deberán ser seguros y homologados.

Los paneles sándwich estarán empaquetados y protegidos por cantoneras metálicas y tacos de madera. Los paquetes no deben apilarse uno encima de otros. Además, deben reposar bien en plano o con una ligera inclinación y sin estar en contacto directo con el terreno.

Con el fin de una correcta identificación del panel, deberán contener etiquetas identificativas visibles y accesibles. Esto proporciona un conocimiento sobre las prestaciones y características del panel, evitando así confusiones.

8.2. Entorno del panel

Antes de la instalación, se debe inspeccionar el panel para asegurarse que no existen daños que puedan comprometer su función una vez haya sido instalado. Una vez la instalación con paneles se encuentre en funcionamiento, se deben planificar inspecciones periódicas para asegurarse que los paneles se encuentran en perfecto estado frente a daños mecánicos o cualquier otra alteración relevante, ya sea en los paramentos metálicos, juntas, sellados, protecciones perimetrales, fijaciones, etc. En el caso que se descubra alguna incidencia, se debe solucionar de manera inmediata para garantizar sus prestaciones y acudiendo al fabricante si fuera necesario.

Se debe analizar si existen procesos en caliente que puedan ser considerados como un alto riesgo de inicio de incendio y su proximidad a paneles sándwich. En estas circunstancias se debe valorar las características del panel y las medidas de protección contra incendios instaladas.

Además de los procesos en caliente, pueden existir otras circunstancias que puedan ser susceptibles de iniciar un incendio, como por ejemplo las instalaciones eléctricas defectuosas o las instalaciones para la carga de las baterías de las carretillas, por ello es recomendable inspeccionar en detalle todas las instalaciones para valorar dicho riesgo apoyándose si se considera necesario en termografías. Estas situaciones serán críticas especialmente si están cerca de paneles o los atraviesan.

La inspección no solo se debe desarrollar en el interior de la instalación, sino que es necesario visitar los exteriores para conocer la proximidad de residuos, basuras, pallets o cualquier otro producto inflamable a los paneles instalados en el exterior como fachadas.

8.3. Panel sándwich como producto

Tomando como referencia el panel, se debe analizar si el diseño de junta proporciona la robustez y la fiabilidad necesaria para soportar durante el mayor tiempo posible el efecto térmico que se produce en las primeras fases de un incendio y que provoca la apertura de la junta. Además, habría que asegurarse que se ha retirado el film protector que presenta el panel cuando sale de la fábrica. Durante el proceso de instalación, hay que estar atento que no existan cavidades de aire entre el núcleo aislante y el paramento metálico y en los encuentros realizados por el instalador (pared-pared, pared-techo) ya que pueden provocar un efecto chimenea en caso de incendio. La ejecución de los puntos singulares debe ser revisada en detalle ya que debe seguir en todo momento las directrices proporcionadas por el fabricante. Por último y no por ello menos importante, seleccionar un panel adecuado a las necesidades requeridas verificando siempre que el panel dispone de una clasificación de reacción y/o resistencia óptima, y asegurándose que el panel entregado se corresponde con el contenido en los informes de fuego, ya no solo en marca comercial sino también en los parámetros contemplados en la clasificación.

8.4. Actuaciones sobre el panel

Lo ideal sería no realizar ningún tipo de actuación sobre el panel y así mantener la estructura inicial intacta, tanto en paramentos como en juntas. Pero la realidad, en numerosas circunstancias es necesario hacer pasar sobre los paneles instalaciones de servicio o bien se producen accidentes como por ejemplo daños debidos a las carretillas elevadoras. Por ello, se debe atender a estos casos y proporcionar soluciones adecuadas que éstos actuaciones no supongan un riesgo añadido a la instalación.

Las penetraciones que se realizan en los paneles sándwich pueden incrementar el riesgo de incendio si no se ejecutan de forma adecuada. La perforación de las caras metálicas del panel deja expuesto el relleno, que en caso de ser combustible contribuirá a una propagación más rápida del incendio.

Las siguientes recomendaciones van encaminadas a minimizar el riesgo de incendio a la hora de realizar penetraciones sobre los paneles sándwich.

- Penetraciones de servicio

En la medida de lo posible, las penetraciones de servicio a través de paneles sándwich, o los huecos entre paneles deberían ser evitados.

Si esto no es posible, cualquier hueco debería ser protegido del fuego adecuadamente, teniendo en cuenta la reglamentación nacional que sea aplicable al recinto (CTE o RSCIEI).

- Cables eléctricos

Los cables eléctricos que atraviesan los paneles sándwich deberían ser encerrados en un conducto de metal o manguera no propagadora de llama para que no estén en contacto con el núcleo del panel sándwich.

En la perforación hay que asegurarse que el núcleo aislante del panel no queda expuesto o dañado.

Se recomienda realizar controles termográficos en los puntos sensibles.

- Pequeñas penetraciones o aberturas (inferiores a 300mm x 300mm)

Para las pequeñas penetraciones o aberturas (como por ejemplo, tubos, cables, etc.) con unas medidas inferiores a 300 mm x 300 mm, las cavidades de paneles perfilados deben ser rellenados con aislamiento o componentes no combustibles, o que garanticen la misma EI que la exigible al cerramiento en caso que se utilice con fines de compartimentación.

- Mínimo 0.12m en la dirección paralela del perfil.
- Mínimo 1.00m en la dirección vertical al perfil.

El aislamiento no combustible o EI debe tener como mínimo unas dimensiones de 1.00 m x 1.00 m en los alrededores de la penetración o en el recinto del aislamiento combustible

- Penetraciones superiores a 300mm x 300mm

Para las penetraciones mayores de 300 mm x 300 mm, las medidas recomendadas serían las siguientes:

- El borde del panel debe estar cerrado con una lámina de metal con un mínimo de 2 mm de espesor alrededor de la penetración o abertura.
- Se debe disponer de aislamiento no combustible, o que garantice la misma EI que la exigible al cerramiento en caso que se utilice con fines de compartimentación, con un mínimo 0,5 m alrededor de la penetración o abertura.

Las cavidades de paneles perfilados deben ser rellenas con un aislamiento no combustible, o que garantice la misma EI que la exigible al cerramiento en caso que se utilice con fines de compartimentación, mínimo 0,12 m en la dirección paralela al perfil y un mínimo de 1,00 m vertical al perfil.

Para realizar los sellados que se indican, se dispone de diferentes soluciones en el mercado:

- Sacos intumescentes
- Morteros
- Collarines
- Sistemas de sellado
- Relleno con material no combustible recubierto con material intumescente

Se adjuntan a modo de ejemplo fotografías con penetraciones protegidas con alguno de los sistemas anteriores:



Figura F8.1. Compuerta de paso en panel

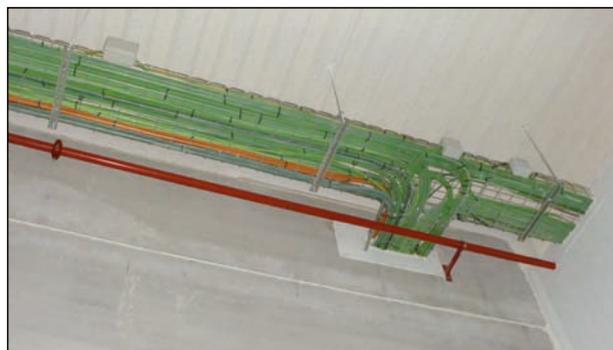


Figura F8.2. Paso de conducciones eléctricas



Figura F8.3. Paso de conductos a través de paneles, con collarín



Figura F8.4. Paso de conductos a través de paneles



Figura F8.5. Paso de instalaciones



Figura F8.6. Paso de puerta



Figura F8.7.
Protección de encuentro
entre panel y hormigón



Figura F8.8.
Sellado de encuentros
en la base

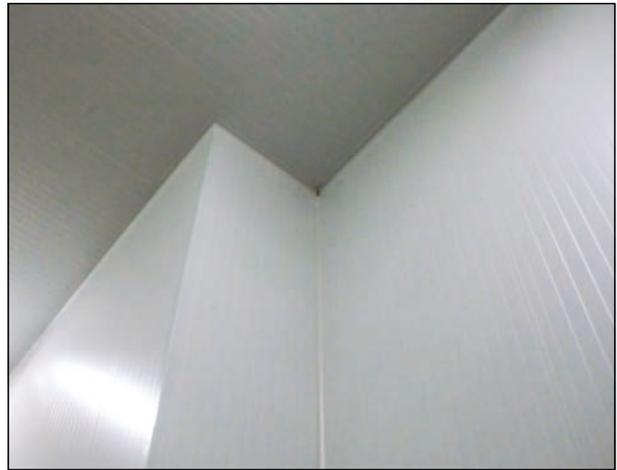


Figura F8.9.
Sellado de uniones y encuentros
entre paneles



Figura F8.10. Terminación de panel

A pesar que las soluciones mencionadas presentan en condiciones normales clasificaciones de resistencia al fuego, excepto el relleno material no combustible, sería adecuado someter a estos productos a ensayos de resistencia al fuego con soluciones de paneles sándwich que garanticen una resistencia al fuego determinada. De esta forma, se dispondrá de una garantía de éxito si los sistemas anteriores son capaces de proporcionar al panel una clasificación de resistencia al fuego igual o mayor que la que dispondría el panel antes de la modificación.

Por otro lado, en el caso de desperfectos sobre el panel o accidentes, se debe valorar la extensión del daño producido. Si los daños son debidos a golpes leves, se podría optar por reparar la chapa metálica mediante una recolocación en frío. Se debe prestar especial atención que la recolocación no lleve asociado un posible movimiento que separe la chapa del núcleo. Para dar solución a este problema, sería factible emplear fijaciones mecánicas siempre y cuando el panel conserve sus propiedades. Como alternativa a las fijaciones mecánicas, sería posible la utilización de espumas sellantes siempre y cuando dispongan de una clasificación de reacción al fuego igual o mejor que el panel sándwich considerado y con un campo de aplicación que considere su uso en paneles sándwich. En otros casos donde se encuentren rozamientos sobre la pintura, será posible pintar de nuevo el paramento externo del panel.

Si por el contrario, los daños en el panel son importantes y no es posible llevar a cabo las recomendaciones anteriores, se deberá sustituir el panel completo. Dicha reposición se deberá realizar con un panel que obviamente cumpla la legislación que le aplica sobre seguridad en caso de incendio. Un punto de especial importancia será el acoplamiento a través de la junta con los paneles existentes. Esta acción deberá ser realizada únicamente por personal especializado que sea consciente de la importancia de la tarea que están desempeñando.

8.5. Mantenimiento

Independiente de las instrucciones de mantenimiento, hay que tener en cuenta que sólo con la adecuada elección del recubrimiento del panel en función del ambiente donde se instalará se podrá garantizar la durabilidad prevista del producto. En las fichas técnicas de cada tipo de panel hay una tabla de utilización de los distintos recubrimientos.

8.5.1. ASPECTOS A TENER EN CUENTA ANTES Y DURANTE LA INSTALACIÓN

1. El almacenamiento de los productos en obra no podrá superar el plazo de un mes a partir de su entrega.
2. Almacenar los paquetes sobre una superficie plana y ventilada con un máximo de inclinación de 10°.
3. No excederse en el número de paneles almacenados superpuestos. Máximo 2 paquetes superpuestos.
4. Se recomienda depositar las placas en un lugar cubierto, si no es posible, protegerlas con telas impermeables no transparentes. En base a la información aportada por el proveedor de la chapa, no se puede garantizar la integridad del recubrimiento prelacado en paneles almacenados dentro del paquete durante un plazo superior a 3 meses en las zonas 1 y 2 definidas por la garantía del proveedor. En caso de exposición del paquete a condensación por humedad o a exposición directa al sol este plazo puede verse reducido.
5. Durante la instalación evite ensuciar la superficie del panel. Elimine cualquier viruta metálica en contacto con la superficie del panel tan pronto como se produzca y antes de que se oxide porque podría manchar el acabado. Recomendamos retirar estas partículas con aire para evitar arañazos en la superficie del recubrimiento orgánico.
6. Retirar inmediatamente el film de protección (si lo hubiera) a medida que los paneles sean fijados a la estructura.
7. Comprobar que no hay posibilidad de pares galvánicos que ocasionen la corrosión del acero.
8. Se recomienda la puesta a tierra de los paneles y de la estructura sustentante para evitar la acumulación de electricidad estática.

8.5.2. ASPECTOS A TENER EN CUENTA DURANTE EL USO DEL PRODUCTO

1. Durante la vida útil del panel deberá realizarse como mínimo anualmente una inspección de mantenimiento y limpieza con el fin de identificar cualquier degradación accidental de los revestimientos de protección. En caso de detectarse una degradación hay que prever cuanto antes el mantenimiento necesario para garantizar la continuidad del revestimiento.
2. Durante la vida útil del panel se efectuará un mínimo de una limpieza anual con agua limpia y de arriba hacia abajo. Si fuera necesario, se puede utilizar una solución jabonosa con pH neutro a base de un 10% de detergente doméstico y agua. La temperatura máxima de aplicación del agua es de 30°C y en caso de utilizar máquina a presión deberá ajustarse por debajo de los 20 bar.
3. Antes de proceder a la limpieza de toda la superficie hacer un pequeño test con el producto en una zona poco visible para descartar cualquier daño estético.
4. En caso de manchas pegadas a la superficie del panel, especialmente cuando son recientes, suele ser suficiente frotar con cuidado la mancha (sin aplicar mucha presión) con un trapo húmedo.
5. Los sellantes y masillas que puedan quedar adheridos a la superficie durante la instalación, pueden limpiarse con un trapo húmedo empapado con una disolución de alcohol en agua al 15 %. Hay que tener la precaución de lavar la superficie con agua limpia inmediatamente después de la actuación. Nunca aplicar la disolución directamente sobre la superficie, siempre con un trapo.
6. Siempre que sea posible, eliminar la suciedad antes de que se haya secado sobre la superficie. Esto es especialmente importante en el caso de bitumen o alquitrán.
7. Conviene tomar precauciones para no efectuar trabajos cerca del panel que pudieran provocar punzonamientos o deterioros del recubrimiento de la chapa.

En el caso de PANELES DE CUBIERTA, para garantizar la durabilidad de la misma, ésta debe tener una pendiente mínima del 5% en ausencia de solapes y del 7% con solapes. Para efectuar un correcto mantenimiento del edificio éste deberá disponer de sistemas de acceso que posibiliten su acceso para:

- Limpiar periódicamente el fondo de las canales y las embocaduras de las bajantes de hojarasca, tierra, musgos, etc.
- Limpiar periódicamente las zonas de la cubierta donde se acumulen elementos extraños.
- Conviene tomar precauciones para no provocar punzonamientos o deterioros del recubrimiento de la chapa durante los accesos y las tareas que implica un uso normal de la cubierta. En caso de degradación accidental de los revestimientos de protección hay que prever el mantenimiento necesario para garantizar la continuidad del revestimiento.
- Revisar periódicamente el estado de los sellados de las juntas. Volver a sellar si se observan alteraciones.

En caso de paneles de uso AGROALIMENTARIO, además:

- Utilizar agentes de limpieza con PH neutro entre 4 y 9.
- Planificar la limpieza respetando la concentración, presión de aplicación y tiempo de contacto del producto indicados en la ficha técnica del fabricante del producto de limpieza. En términos generales se recomienda que el tiempo de contacto entre el agente y el panel sea inferior a 30 minutos.
- Evitar el uso de productos clorados y sustancias abrasivas para la limpieza de paneles de acero prec lacado.
- Después de la aplicación, siempre lavar abundante e inmediatamente con agua limpia.
- En las cámaras, debe inspeccionarse continuamente el buen estado los sellados y los remates. Cualquier daño en los sellados debe repararse inmediatamente antes de que el contacto permanente de las superficies confinadas con el agua y/o los agentes de limpieza pueda dañarlas definitivamente.

8.6. Pintado

Para el pintado del panel de chapas prelacadas, se procederá de la siguiente forma:

- Si la pintura está dañada y el zincado visible:
 1. Limpieza de la superficie
 2. Aplicar una ligera imprimación tipo epoxi-poliuretano
 3. Aplicar pintura acrílica-poliuretano sobre la imprimación
- Si se realiza un pintado sobre la pintura prelacada:
 1. Limpieza de la superficie
 2. Aplicar una pintura acrílica-poliuretano

8.7. Malas prácticas

En este apartado se muestran fotografías de malas prácticas detectadas durante inspecciones de este tipo de riesgos::



Figura F8.11.

Sellado de penetración en panel sándwich ejecutado a base de espuma de poliuretano y planchas de polietileno

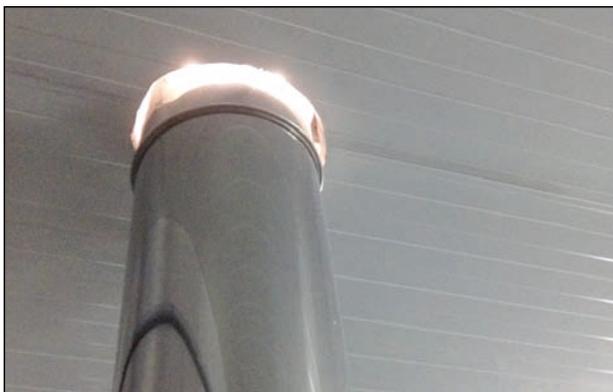


Figura F8.12.

Penetración no sellada en panel sándwich



Figura F8.13.

Panel sándwich que ha sido golpeado, quedando su relleno expuesto



Figura F8.14.
Penetraciones en un panel sándwich para paso de conductos, selladas inadecuadamente con espuma de poliuretano



Figura F8.15.
Panel sándwich utilizado para cerramiento de cubierta, con el relleno expuesto en el canto



Figura F8.16.
Cerramiento ejecutado a base de paneles sándwich, cuyo encuentro en la esquina no se ha ejecutado adecuadamente

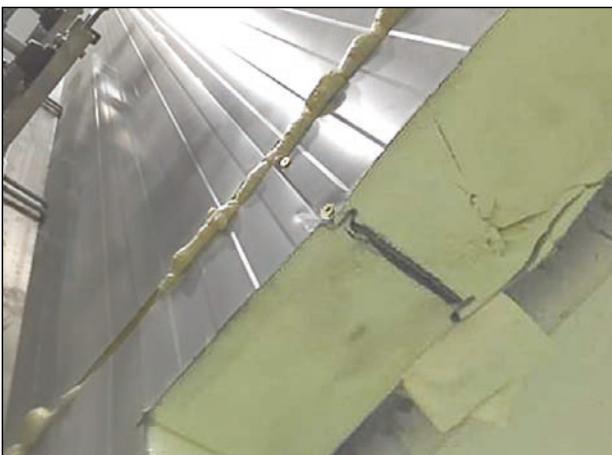


Figura F8.17.
Alma vista y sellado deficiente



Figura F8.18.
Alma vista

9. Bibliografía

Guía de ejecución de fachadas ventiladas con productos aislantes de poliuretano. Ventajas, prescripción y control de puesta en obra. IPUR. Edición 2014.

Libro blanco del poliuretano proyectado inyectado. AISLA (Asociación de instaladores de aislamiento). Edición Marzo 2016.

Serie informativa. Paneles sándwich de poliuretano. IPUR. Edición 2015.

Información contenida en la página web de IPUR (Asociación de la Industria del Poliuretano Rígido).

Información contenida en la página web de la empresa Poliuretanos.

Información contenida en la página web de Europerfil.

El ABC del fuego. AFELMA (Asociación de Fabricantes Españoles de Lanasy Minerales Aislantes).

Información contenida en la página web de AFELMA (Asociación de Fabricantes Españoles de Lanasy Minerales Aislantes).

Información contenida en la página web de ISOVER.

Información contenida en la página web de ACH Paneles.

Technical briefing: Fire performance of sandwich panel systems. ABI (Association of British insurers). May 2003.

La problemática del panel sándwich combustible. George Faller. XXIV Jornadas Internacionales de Bilbao. 2015. Mapfre Global Risks.

Guía de construcción prefabricada eficiente con panel sándwich de poliuretano. Conceptos básicos. Uso residencial e industrial. IPUR 2014.

UNE-EN 14509 “Paneles sándwich aislantes autoportantes de doble cara metálica. Productos hechos en fábrica. Especificaciones”.

Specification for the Protection of cold areas. Comité Européen Des Assurances CEA 4050: October 2005 (en).

Fire Handbook - Impact of insulation on fire safety in buildings PU Europe

Xarxa telemática educativa de Catalunya.

http://www.xtec.cat/~aferrer8/Combustibles_TFR.pdf

Insulated panels. The Fire Safety Order (2005). EPIC (Engineered panels in construction). April 2005.

Presentaciones jornada de paneles sándwich organizada por Cepreven en Madrid. (Noviembre 2015) y Barcelona (Junio 2016).

Sandwich elements as room-closing Wall and roof components. (VdS 2244 EN:2006)

Specifications for the protection of cold areas. (VdS 2032:2008).

Performance of external cladding systems in fire. EPIC (Engineered panels in construction).

Reglamento de Seguridad contra Incendios en establecimientos industriales (2004).

Fire Protection Management. Guideline for the persons responsible in the plant and Company. (VdS 2009EN:2008).

UNE-EN 13823. Ensayos de reacción al fuego de productos de construcción. Productos de construcción, excluyendo revestimientos de suelos, expuestos al ataque térmico provocado por un único objeto ardiendo.

UNE-EN ISO 11925-2. Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción Inflammabilidad de los productos de construcción cuando se someten a la acción directa de la llama. Parte 2: Ensayo con una fuente de llama única.

UNE-EN 13501-1+A1. Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego.

UNE-EN 13501-2. Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 2: Clasificación a partir de datos obtenidos de los ensayos de resistencia al fuego excluidas las instalaciones de ventilación.

UNE-EN ISO 1716. Ensayos de reacción al fuego de productos. Determinación del calor bruto de combustión (valor calorífico).

UNE-EN ISO 1182. Ensayos de reacción al fuego de productos. Ensayo de no combustibilidad.

Fire behaviour of sandwich panel core materials in the pre-flashover phase. Ing.A.W.Guinta d'Albani. Brandweer and University of Technology Eindhoven.

Una aproximación a los paneles sándwich. Emilio Luengo Cuadrado. 2007.

Sandwich panels: fire testing, insurance industry demands and case studies from real fires in the UK. Mark Harris.

Ficha Técnica de mantenimiento de paneles HUURRE IBÉRICA IT-GC-163.

ANEXO

Checklist para la verificación de construcciones realizadas con paneles Sandwich (Rev. 1)

Este Checklist complementa al Manual de Instalación, Mantenimiento y Verificación de construcciones con paneles sándwich, Edición 2018 (*). Debería utilizarse solamente para la verificación de construcciones con paneles incluidos en el alcance del documento. El contenido de este Checklist debe tomarse como algo meramente orientativo, pudiendo el inspector o prescriptor complementarlo con otros aspectos a evaluar.

Los diferentes apartados en los que se ha dividido este Checklist coinciden con los Capítulos del Manual referenciado. Por ello para una mejor cumplimentación del mismo, debe seguirse en paralelo el contenido del Manual.

(* En adelante, al Manual de Instalación, Mantenimiento y Verificación de construcciones con paneles sándwich se le denominará solamente "Manual".

DATOS DE LA ACTIVIDAD	
Nombre de empresa:	
Dirección:	
Población:	País:
Año de construcción de las instalaciones:	
Actividad realizada:	
Temperaturas de trabajo:	
Documentos de referencia sectoriales utilizados:	
Reglamentación aplicable:	

1. OBJETO	
1.1	Marcado CE
1.1.1	¿Disponen todos los paneles instalados de marcado CE conforme a la Norma de Producto UNE-EN 14509?
1.1.2	¿Bajo qué versión de la Norma UNE-EN 14509 se ha realizado el marcado CE? Versión 2007 <input type="checkbox"/> Versión 2014 <input type="checkbox"/>
1.1.3	¿Se dispone de documentación justificativa para acreditarlo?
1.2.	¿Los paneles instalados se encuentran dentro del alcance de aplicación del Manual?

CORRECTO	
SÍ	NO
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. INTRODUCCIÓN

2.1	¿Qué tipo de núcleo aislante presenta el panel sandwich?
	PUR <input type="checkbox"/>
	PIR <input type="checkbox"/>
	Lana Mineral <input type="checkbox"/>

4. ENSAYOS DE FUEGO

		CORRECTO	
		SÍ	NO
4.1	PANELES SANDWICH DE LA MINERAL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.1.1	¿Se dispone de los ensayos requeridos para la clasificación de reacción al fuego del producto?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	-Informe de Clasificación <input type="checkbox"/> -Informe Técnico de Ensayo <input type="checkbox"/>		
4.1.2.	¿Se dispone de los ensayos requeridos para la clasificación de resistencia al fuego del producto?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	-Informe de Clasificación <input type="checkbox"/> -Informe Técnico de Ensayo <input type="checkbox"/>		
4.2.	PANELES SANDWICH DE PIR/PUR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.2.1.	¿Se dispone de los ensayos requeridos para la clasificación de reacción al fuego del producto?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	-Informe de Clasificación <input type="checkbox"/> -Informe Técnico de Ensayo <input type="checkbox"/>		
4.2.2.	¿Se dispone de los ensayos requeridos para la clasificación de resistencia al fuego del producto?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	-Informe de Clasificación <input type="checkbox"/> -Informe Técnico de Ensayo <input type="checkbox"/>		
4.3.	¿Las clasificaciones obtenidas cumplen con lo requerido por la Reglamentación aplicable (Ej. RSCIEI, CTE...)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.4.	¿Se conoce el Potencial Calorífico Superior (PCS) del panel sándwich?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.5.	La Clasificación de Reacción y/o Resistencia al Fuego, ¿incluye Extensión de Resultados (EXAP)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.5.1	El panel sándwich objeto de análisis, ¿está incluido en el campo de aplicación de la Clasificación?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.6.	Tipos de Juntas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.6.1.	¿El tipo de junta del panel está cubierto por el informe de clasificación?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. INSPECCIÓN DE INSTALACIONES CON PANELES SANDWICH

		CORRECTO	
		SÍ	NO
5.1	Introducción	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.1.1	¿Existe constancia de siniestros de incendio en el establecimiento, previos a la cumplimentación de este Checklist?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.1.2	En caso afirmativo, ¿se conocen las causas que los provocaron, y se ha implementado algún plan de acción correctivo y preventivo al respecto?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.2.	Entorno del panel (exteriores)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.2.1	¿Existen almacenamientos combustibles próximos a la instalación?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.2.2	¿La carga de baterías se realiza en zonas alejadas de los paneles, o en el interior de un sector de incendio?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.2.3	¿Existe constancia de la realización de inspecciones periódicas conforme al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.2.4	¿Existen medidas para reducir la posibilidad de incendios exteriores que puedan afectar al panel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5.2.5	¿Es el perímetro del edificio accesible a la intervención de Bomberos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.3	El panel sándwich (como producto)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.3.1	¿Se ha seguido el proceso de fijación y montaje descrito en el Informe de Ensayo (Reacción y/o Resistencia al Fuego)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.3.2	¿El núcleo aislante del panel sándwich se encuentra expuesto en alguna zona?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.3.3	¿La instalación de la junta en aplicación final de uso respeta la estructura del panel y las indicaciones del fabricante?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.3.4	¿Se han retirado del panel los film protectores, especialmente en las inmediaciones de las juntas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.3.5	¿El panel sándwich se encuentra en buen estado (libre de defectos mecánicos, chapas levantadas, perforadas, etc.)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.3.6	¿Los puntos singulares (cubrerías, canalones, coronaciones...) se han ejecutado conforme indica el fabricante?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.4	Medidas de protección pasiva y activa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.4.1	¿Existen en la instalación medidas de protección pasivas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.4.1.1	¿Las compartimentaciones se han ejecutado de manera adecuada?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.4.1.2	¿Las vías de evacuación se encuentran correctamente señalizadas y libres de cualquier obstáculo que pudiera dificultar su utilización?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.4.1.3	¿La estructura portante del establecimiento presenta algún tipo de protección para garantizar su estabilidad ante el fuego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.4.1.4	¿Los sistemas de compartimentación contra incendios se encuentran correctamente mantenidos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.4.2	¿Existen en la instalación medidas de protección activas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.4.2.1	¿En el caso de la protección activa, la instalación y mantenimiento se ha realizado por una empresa registrada?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.4.2.2	En el caso de ser requerida una instalación de detección automática, ¿el tipo de tecnología es el adecuado según el tipo de incendio esperable y los condicionantes de la actividad realizada (Ej., usos de temperatura controlada)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.4.2.3	En caso de ser necesarios, ¿se dispone de sistemas de control de temperatura y evacuación de humos conforme a la normativa de diseño aplicable?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.4.2.4	En el caso de ser requerido un sistema de extinción automático, ¿la tecnología escogida y el tipo de sistema son adecuados según los condicionantes de la actividad realizada (Ej., tipo de producto, temperatura ambiente)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.5	Gestión de la seguridad contra incendios	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.5.1	¿Dispone la empresa de procedimientos específicos de actuación en caso de incendio o de un plan de autoprotección?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.5.2	¿Existe un procedimiento de seguridad regulando la concesión de "permisos de fuego" para la realización de trabajos en caliente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.5.3	¿Disponen los operarios de trabajos en caliente de la certificación CEPREVEN de operador de trabajos en caliente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. PODER CALORÍFICO SUPERIOR (PCS) DE PANELES SANDWICH		CORRECTO	
		SÍ	NO
6.1	¿Se ha calculado la carga de fuego del establecimiento mediante la expresión general de cálculo del RSCIEI (expresión 1, cálculo por materiales)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.2	Cálculo del PCS de un panel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.2.1	¿Existe un cálculo del PCS del panel instalado conforme a la Norma UNE-EN ISO 1716? (considerando todos los componentes del panel)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.2.2	¿Se ha incluido en el cálculo de la densidad de carga de fuego del establecimiento la contribución debida a los paneles sándwich instalados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7. INSTALACIÓN Y MONTAJE DE PANELES SANDWICH		CORRECTO	
		SÍ	NO
	¿Los sellantes utilizados (juntas, encuentros, penetraciones, etc...) cumplen con la clasificación de reacción y/o resistencia al fuego, según el tipo de panel empleado y su función?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Las protecciones perimetrales de los paneles, ¿son las adecuadas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.1	Fijaciones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.1.1	Las fijaciones sobre la estructura en paneles exteriores, ¿se han ejecutado con soportes de tipo elastomérico o de neopreno?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.1.2	¿Las fijaciones en cubierta atraviesan ambas chapas metálicas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.1.3	¿Se han seguido las recomendaciones dadas en el Manual para ejecutar las fijaciones?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.1.4	¿Las fijaciones utilizadas han tenido en cuenta los condicionantes del ambiente y/o de la actividad (Ej. Ambientes de frente marino)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.2	Soluciones constructivas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.2.1	Las soluciones implementadas, ¿son adecuadas para la higrometría y temperatura del recinto? (Ver ejemplos del Capítulo 7.2 del Manual)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8. MANIPULACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PANELES		CORRECTO	
		SÍ	NO
8.1	Transporte y manipulación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.1.1	En la recepción del panel sándwich, ¿se verifica que el transporte se ha realizado de forma que se eviten los daños sobre el mismo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.1.2	¿Se han seguido las recomendaciones del fabricante para el almacenamiento temporal en obra de los paneles?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.1.3	¿Presentan los paneles de forma visible la etiqueta del marcado CE?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.2	Entorno del panel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.2.1	¿En el momento de su instalación, se desecha todo panel que presente algún tipo de daño que pueda comprometer su funcionalidad?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.2.2	Durante la vida útil del panel, ¿se realizan inspecciones periódicas para verificar que el panel se encuentra en condiciones apropiadas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.3	Panel sándwich como producto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.3.1	¿El panel entregado se encuentra entre los enumerados en el campo de aplicación de los informes de fuego que suministra el fabricante?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.4	Actuaciones sobre el panel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8.4.1	Las penetraciones o aberturas ejecutadas sobre el panel, ¿disponen del tratamiento adecuado para mantener todas las funcionalidades del panel, incluido evitar la exposición del material del núcleo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.4.2	En el caso de desperfectos sobre el panel, ¿se ha efectuado una reparación que mantenga la estructura del panel y evite la exposición del material del núcleo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.4.3	En el caso de reposición de un panel dañado, ¿el nuevo panel dispone de las mismas propiedades que el panel original?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.5	Mantenimiento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.5.1	¿Se realiza mantenimiento sobre los paneles sándwich?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.5.2	¿Se siguen las recomendaciones del fabricante respecto al mantenimiento del producto en cada fase de utilización del mismo (antes y durante la instalación, durante el uso...)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.5.3	¿Existe algún procedimiento específico para el mantenimiento de los paneles?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.6	Pintura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.6.1	¿Se han reparado los daños en la pintura de la chapa del panel de acuerdo con las recomendaciones del fabricante?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.7	Malas prácticas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.7.1	¿Se detecta durante la inspección alguna mala práctica en relación con la instalación o mantenimiento del panel sándwich?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.7.2	En caso de malas prácticas detectadas en inspecciones anteriores, ¿se ha aplicado alguna acción correctora para solucionarlas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Observaciones:

En a de.....de 20

Firmado:



www.cepreven.com
publicaciones@cepreven.com

Asociación de Investigación para la Seguridad de Vidas y Bienes
Avenida General Perón nº 27. 5º pta. - 28020 Madrid
Tlf.: 91 445 75 66