



# Documento técnico en seguridad contra incendios (SCI) de paneles sándwich







**DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS Y EXPLOSIONES**

**MSc. Ing. María Eugenia Corso** / Jefa de departamento

**Arq. Silvia Velazquez** / Directora técnica

---

# Documento técnico en seguridad contra incendios (SCI) de paneles sándwich

---

**EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN EDILICIA**

SUBGERENCIA DE CONSTRUCCIONES E INFRAESTRUCTURA

Gerencia Operativa de Servicios Industriales | **Instituto Nacional de Tecnología Industrial**



**AUTORES**

- MSc. Ing. María Eugenia Corso
- Dr. Ing. Felipe Eusebio Gallardo
- Esp. Arq. Verónica Marina Casella

**ORGANISMOS ADHERENTES**

**EMPRESAS ASEGURADORAS**

- Allianz Argentina Compañía de Seguros SA
- San Cristóbal Seguros
- Sancor Seguros
- Seguros Sura SA
- Chubb Seguros Argentina SA
- Grupo Asegurador La Segunda
- SMG Compañía de Seguros SA
- Zurich Argentina SA
- Caja de Ahorro y Seguros SA - Grupo Generali





# Agradecimientos

Este Documento Técnico es el fruto de muchos años de trabajo sobre la problemática de los sistemas constructivos con paneles sándwich por parte de los especialistas en prevención y protección contra incendios del CIR y del INTI.

El aumento en el uso de estos sistemas y el incremento en la frecuencia y especialmente en la severidad de los incendios en aquellos edificios contruidos con paneles sándwich combustibles, ameritan el desarrollo de nuevas herramientas para el análisis de su exposición y vulnerabilidad frente al fuego.

El Documento Técnico realizado por los especialistas del INTI responde a la necesidad de llevar conocimiento concreto y fundamentado en criterios científico-tecnológicos a la comunidad de usuarios, profesionales y a toda la cadena de valor de la construcción para un mejor uso de las nuevas tecnologías constructivas y para la reducción de daños materiales, humanos y económicos.

Agradecemos a los miembros del CIR que participaron en el proyecto y que aportaron su experiencia, tiempo y voluntad para llevarlo adelante:

**Ing. Pablo Cabrera (Allianz Argentina Compañía de Seguros SA)**

**Lic. Fernando Rizzo (San Cristóbal Seguros)**

**Ing. Diego Boggio / Ing. Damián Elesser (Sancor Seguros)**

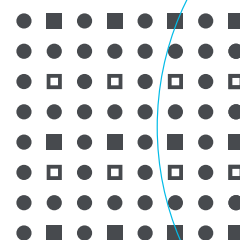
**Lic. Ariel Greco (Seguros Sura SA)**

**Ing. Jose Jimenez (Chubb Seguros Argentina SA)**

**Ing. Alejandro Cavallero / Ing. Ernesto Bianchetti / Arqto Gerardo Pepe (Grupo Asegurador La Segunda)**

**Ing. Gustavo Almandóz (SMG Compañía de Seguros SA)**

**Ing. Nicolás Cura / Ing. Manuel Zabala (Zurich Argentina SA)**





**Ing. Manuel Gómez (Caja de Ahorro y Seguros SA – Grupo Generali)**

**Ing. Norberto Vicchiola / Ing. Marcelo Bardi (Allianz Argentina Compañía de Seguros SA)**

Otros participantes del CIR: **Ing. Claus Neumann, Ing. Alberto González y Inga. Julieta Appel.**

También queremos agradecer al equipo de trabajo de nuestro Departamento que elaboró el documento con un gran profesionalismo y conocimientos y que a pesar de todas las dificultades siempre siguió adelante.

A INTI CONSTRUCCIONES que allá por el 2012, en el comienzo de la investigación, nos apoyó poniendo a nuestra disposición todas las herramientas necesarias para lograr los objetivos.

Merece también una mención especial la Ingeniera Geraldine Charreau de INTI que apoyó y dio forma al proyecto desde el primer momento. Lamentablemente no llegó a estar presente en este momento de finalización, pero siempre la recordaremos con su pasión y empuje inagotable para construir un mundo más seguro.

Por último, agradecemos al Dr. Jose Luis Torero por su aporte e involucramiento en el proyecto.

Esperamos mejorar el Documento Técnico en futuras ediciones con el aporte de la comunidad de usuarios, profesionales y especialistas en los distintos rubros que abarca la problemática de los Paneles Sándwich Combustibles.

**MSc. Ing. María Eugenia Corso**

Jefa de Departamento de Seguridad contra Incendios y Explosiones

Buenos Aires, noviembre 2021



# Documento técnico en seguridad contra incendios (SCI) de paneles sándwich

■	<b>1. OBJETIVO</b>	<b>10</b>
■	<b>2. ALCANCE</b>	<b>10</b>
■	<b>3. INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
■	<b>4. HISTORIA</b>	<b>12</b>
	4.1 · Paneles sándwich incendio e historia	15
■	<b>5. APLICACIONES DE LOS PANELES SÁNDWICH</b>	<b>16</b>
	5.1 · Paneles de construcción	16
	5.2 · Paneles para cámaras o áreas refrigeradas	16
■	<b>6. COMPOSICIÓN DE LOS PANELES SÁNDWICH</b>	<b>17</b>
	6.1 · Capa de chapas metálicas	17
	6.2 · Capa núcleo aislante	17
	6.3 · Uniones	18
	• Junta longitudinal	18
	• Otras uniones	18
	• Juntas longitudinales y uniones en uso de temperaturas controladas	19
■	<b>7. TIPOS DE PANELES SÁNDWICH</b>	<b>20</b>
	7.1 · Paneles sándwich de poliestireno	20
	7.2 · Panel sándwich de poliuretano	20
	7.3 · Panel sándwich de lana mineral	23
■	<b>8. SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS (SCI)</b>	<b>25</b>
	8.1 · Conceptos generales	25
	• Sectorización	26
	• Parámetro tiempo en la seguridad contra incendios	26
	• Ensayo de fuego	27

■	<b>9. ENSAYOS DE FUEGO A PANELES SÁNDWICH</b>	<b>28</b>
	9.1 · Conceptos generales	28
	• Ensayos de Reacción al Fuego	29
	• Secuencia de ensayos de Reacción al Fuego	29
	• Ensayos de resistencia al fuego	29
	9.2 · Ensayos de Fuego a Paneles Sándwich	30
■	<b>10. COMPORTAMIENTO ANTE EL FUEGO DE PANELES SÁNDWICH</b>	<b>31</b>
	10.1 · Comportamiento de los paneles sándwich de PUR y PIR	34
	10.2 · Comportamiento de los paneles sándwich de lana mineral	35
	10.3 · Desarrollo de nuevo ensayo de reacción al fuego en paneles sándwich H-TRIS	36
■	<b>11. MEDIDAS DE PROTECCIÓN PASIVA Y ACTIVA CONTRA INCENDIOS EN INSTALACIONES CON PANELES SÁNDWICH</b>	<b>38</b>
	11.1 · Conceptos generales de SCI	38
	11.2 · Medidas de Protección Pasiva	39
	11.3 · Medios de Protección Activos	40
	• Sistemas de detección y alarma de incendio	40
	• Sistema para el control de la temperatura y evacuación de los humos	41
	• Instalación de rociadores	42
	• Sistema de extinción por gas	43
	• Sistema de inertización	44
■	<b>12. INSPECCIÓN DE INSTALACIONES CON PANELES SÁNDWICH Y MANTENIMIENTO</b>	<b>45</b>
	12.1 · Generalidades	45
	12.2 · El entorno del panel sándwich	46
	12.3 · Instalaciones Eléctricas	47
	12.4 · Trabajos en Caliente	47
	12.5 · Buenas prácticas de mantenimiento	48
	12.6 · Reparación de Instalaciones con Paneles Sándwich	49
■	<b>13. INSTALACIÓN Y MONTAJE DE PANELES SÁNDWICH</b>	<b>50</b>
	13.1 · Conceptos generales	51
	13.2 · Identificación de los paneles sándwich (labeling)	52
	13.3 · Transporte y manipulación	52
	13.4 · Panel sándwich como producto	53

13.5 • Riesgos generales en el uso de los Panel sándwich	53
13.6 • Buenas prácticas durante la instalación	53
13.7 • Penetraciones sobre el panel sándwich	55
• Cables eléctricos	55
• Pequeñas penetraciones o aberturas inferiores a 300 mm x 300 mm	55
• Penetraciones superiores a 300 mm x 300 mm	55
13.8 • Fijaciones	56
• Recomendaciones acerca de las fijaciones	56
13.9 • Soluciones constructivas	57
• Soluciones para locales de baja higrometría	57
• Soluciones para locales de fuerte higrometría	63
• Solución para cámara frigorífica y procesos agroalimentarios	63
■ 14. EJEMPLOS DE USO DE PANELES SÁNDWICH EN LA INDUSTRIA	70
■ 15. MALAS PRÁCTICAS	72
■ 16. ANEXO 1	76
16.1 • Resistencia al fuego	76
16.2 • Divisiones Corta Fuego	78
■ 17. ANEXO 2	79
17.1 • Análisis de la Normativa para paneles Sándwich	79
■ 18. ANEXO 3	88
18.1 • La situación en Europa	88
18.2 • Ensayos de reacción al fuego en Europa	88
18.3 • Ensayos de resistencia al fuego en Europa	92
18.4 • Tipos de informes	94
18.5 • Conclusión	95
■ 19. ANEXO 4	96
19.1 • Trabajo en calientes e instalaciones eléctricas	96
19.2 • Trabajos en caliente	96
19.3 • Instalaciones eléctricas	99
■ 20. BIBLIOGRAFÍA	101



# 1

## Objetivo

Proporcionar información que permita a los profesionales de la construcción, organismos de control, fabricantes de panelería, aseguradoras, otros, conocer las características de los paneles sándwich en relación con la protección de la seguridad contra incendios de la propiedad.

Analizar aspectos importantes a considerar durante la selección, instalación, buenas prácticas para el mantenimiento del panel durante su vida útil y aspectos a considerar en inspección y verificación de las instalaciones.

# 2

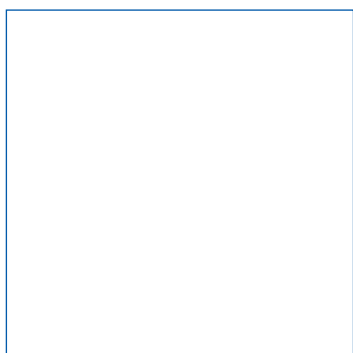
## Alcance

El alcance de este manual será sobre paneles sándwich aislantes de doble cara metálica y autoportantes, con núcleos de poliuretano (PUR o PIR), lana mineral y poliestireno (EPS).

Tomando como referencia la norma de producto UNE EN 14509, las excepciones son:

- 1-Productos cuyo núcleo aislante consiste en dos o más capas de diferentes materiales claramente definidas (multicapas)
- 2-Paneles con caras perforadas
- 3-Paneles curvados

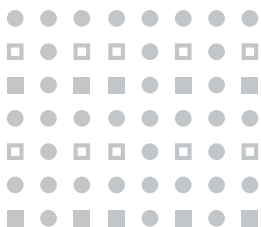
No se consideran la utilización de productos de aislamiento para otras aplicaciones (inyectados, planchas, etc.)



## 3

## Introducción

Los paneles sándwich con núcleo aislante son un producto de construcción que se utiliza principalmente por su facilidad de montaje y sus buenas características de aislamiento térmico en distintas aplicaciones como ser: cámaras frigoríficas, naves industriales, centros comerciales, depósitos entre otros. Están compuestos por dos chapas vinculadas con un aislante que puede ser lana mineral, poliuretano (PIR o PUR) o poliestireno (EPS) y el conjunto forma un sistema constructivo. **Figura 1.**



**Figura 1.** Panel sándwich.

Las propiedades en las que se destacan estos sistemas son:

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





El desarrollo favorable de este sistema se debió a las siguientes causas:

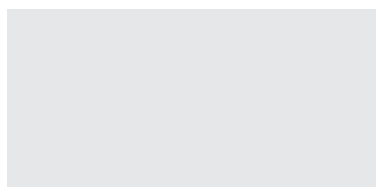
- Desarrollo técnico a partir de los cuales se pudieron establecer métodos constructivos y tipologías estructurales.
- Aumento del número de arquitectos y usuarios finales que detectaron las ventajas de los sistemas constructivos de paneles sándwich.
- Los principales productores europeos de paneles sándwich mejoraron continuamente la variedad, calidad y la terminación de los sistemas, adaptándolas a las demandas del mercado.
- La crisis energética y el incremento de los precios de la energía favorecieron la construcción con paneles aislantes, introduciendo el concepto de sustentabilidad.

## 4

## Historia

El sistema de paneles sándwich se desarrolló durante los últimos 70 años, convirtiéndose en un método constructivo económico y versátil. Durante los primeros 25 años el uso del sistema se incrementó al terminar la Segunda Guerra Mundial, debido a la demanda de cámaras frigoríficas y congelados para el desarrollo mundial de cadenas de frío. Se utilizaban en general para la construcción de edificios y naves industriales, que respondían a criterios económicos y de utilidad. Luego la construcción con paneles sándwich avanzó en los últimos 45 años hacia un sistema constructivo acorde a las altas exigencias arquitectónicas de la actualidad.

La sustentabilidad durante las últimas décadas ha sido el conductor principal en la construcción, llevando a cambios en las prácticas constructivas. Fueron definidas nuevas disciplinas, como la ciencia de la sustentabilidad. Estas consideran la sustentabilidad como un problema con 3 aspectos diferentes: GLOBAL, SOCIAL Y HUMANO. El aspecto global refiere a la preservación del planeta y supervivencia humana. El aspecto social considera los aspectos políticos, económicos y tecnológicos de la sociedad. El tercer aspecto considera los factores humanos tales como: estilo de vida, valores o seguridad, los cuales están relacionados con la cultura humana y vinculados intrínsecamente a los otros 2 aspectos.





Las relaciones establecidas entre los diferentes aspectos en la ciencia de la sustentabilidad sirven como línea de base clara para comprender el contexto en el ámbito de la construcción de los materiales de aislación.

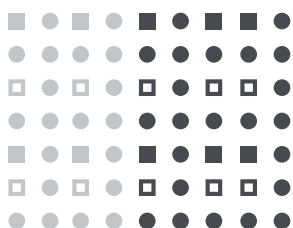
Los materiales aislantes no solo son requeridos para satisfacer el confort humano en los edificios sino además para controlar otras cuestiones como la escasez de combustible en el planeta y el calentamiento global. La solución común para superar estos problemas y satisfacer las cuestiones mencionadas es limitar los niveles de consumo de energía.

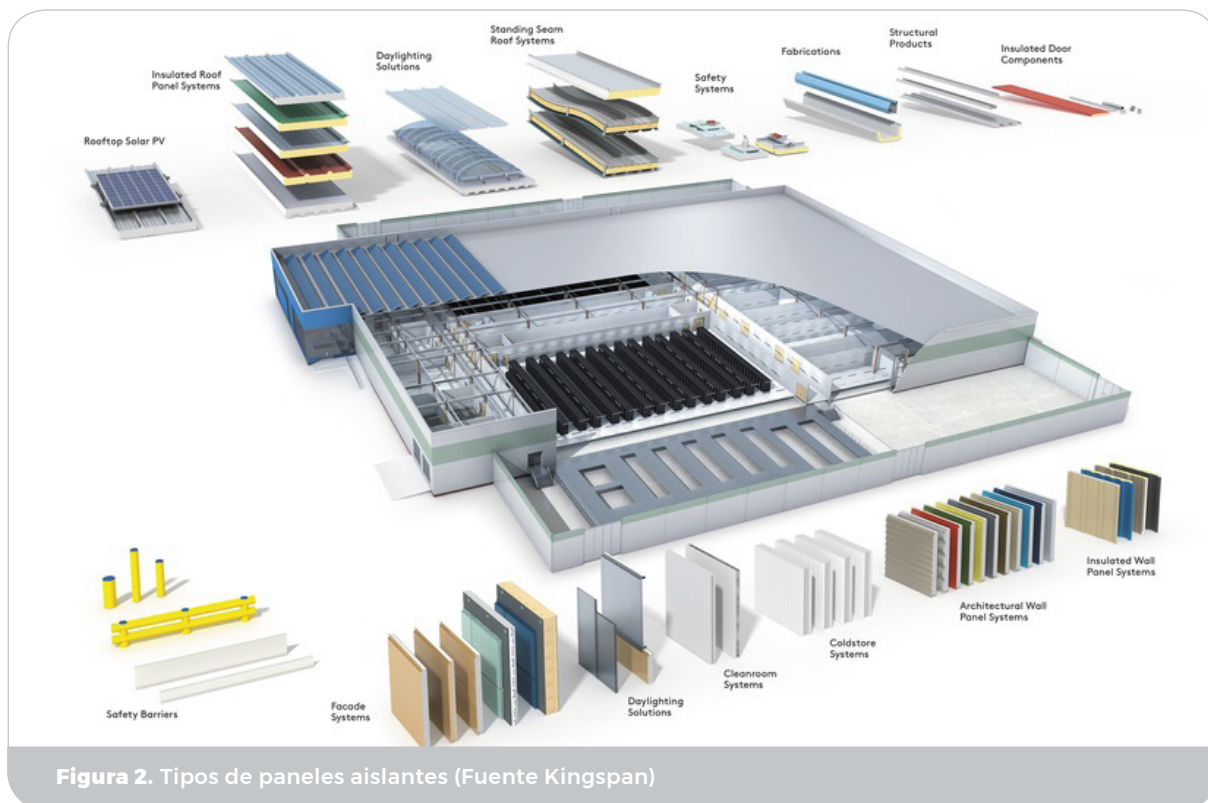
Una encuesta presentada por el grupo Rockwool en 2011 mostró la distribución de los niveles de consumo de energía para diferentes sectores. Los resultados de esta encuesta indicaron que, la energía consumida en edificios representó aproximadamente el 41 % del consumo total, mientras que el transporte y la industria representaban el 33% y el 26% respectivamente. Esto contribuyó con la necesidad clara de poner el foco en desarrollar medidas de control del gasto energético en la edificación.

Los materiales aislantes representan la principal medida de control para reducir pérdidas y ganancias de calor a través de la envolvente del edificio. Entonces se espera que el uso de materiales aislantes se incremente significativamente en el ambiente de la construcción para alcanzar las metas establecidas en este contexto. Un ejemplo de esto se evidenció en la UE con la aprobación de la EPBD (Energy Performance of Building Directive).

Como resultado de esta estrategia, el desempeño energético se transformó en el principal motor de la construcción en la última década. Sin embargo, este no es el único criterio para ser considerado en el diseño de edificios, aunque es uno entre varios otros como el costo, uso del espacio, accesibilidad, confort humano, diseño estructural y la Seguridad Contra Incendios (SCI). Por lo tanto, el diseño de la construcción puede concebirse como un problema multiobjetivo en el cual el óptimo global apunta a la combinación de los criterios considerados.

Los diseñadores de edificios tienen hoy que resolver exigencias en cuanto a demandas de eficiencia energética, rentabilidad, durabilidad, sustentabilidad, capacidad y por supuesto de la Seguridad Contra Incendios. En las diferentes exigencias es muy valioso que los productos de construcción puedan ofrecer un rendimiento probado por terceros independientes. Los sistemas de paneles sándwich respondieron muy bien a varias de las exigencias a los que están sometidos el diseño arquitectónico de edificios, pero debe analizarse exhaustivamente el desempeño de los paneles ante el fuego, para poder tomar las medidas correspondientes en temas de seguridad. **Figura 2.**





**Figura 2.** Tipos de paneles aislantes (Fuente Kingspan)

En Argentina, la provisión de paneles sándwich comenzó en la década del 70, con paneles provenientes fundamentalmente de importación desde Chile. No obstante, existía una muy pequeña producción artesanal en pequeñas empresas.

En el caso de los paneles de PIR y PUR la producción nacional industrializada comenzó en la década del 80, con línea discontinua, pasando a línea continua a partir del año 2012.

Las construcciones industriales con paneles sándwich se ha multiplicado en el país en los últimos años. La rapidez de montaje (por el bajo peso y la facilidad de instalación), la capacidad aislante y acústica, impermeabilidad al agua y al aire, resistencia a las cargas de vientos y fundamentalmente el bajo costo respecto de la construcción tradicional, hacen del sistema una alternativa inicialmente muy atractiva en el mercado.

Dentro del ámbito de la regulación, el Código de la Ciudad de Buenos Aires 2019 en el punto 3.7 brinda las premisas del Diseño Sustentable, establece características constructivas y de diseño que promueven la sustentabilidad y aportan a la mitigación de los efectos del cambio climático y a la adaptación de la ciudad frente a ellos. También, la Provincia de Buenos Aires aprobó en el año 2003 la Ley 13059 para regular la calidad térmica y energética de todo edificio para habitación humana haciendo de cumplimiento obligatorio un grupo de Normas IRAM: 11507, 11604, 11605, 11625 y 11630.

## 4.1 • Paneles sándwich incendio e historia

A pesar de las bondades referentes a la sustentabilidad debemos considerar el riesgo en caso de incendios dado que algunos aislantes son combustibles. Cuando los paneles sándwich se ven afectados por incendios, independientemente del núcleo empleado, en las primeras fases del incendio, las chapas metálicas al ser los componentes externos del panel recibirán el ataque térmico en primer lugar y protegerán al núcleo. Si las medidas de seguridad contra incendios no son capaces de controlar o extinguir el incendio, la temperatura aumentará como consecuencia de la combustión del contenido del recinto. En esta situación, las chapas metálicas podrían desprenderse o pandearse afectando al núcleo y aparecer procesos de laminación de las caras, inestabilidad de los paneles, fallo de las fijaciones y deformación de los paneles con la posterior apertura de las juntas. En las zonas del panel que presenten perforaciones y que no hayan sido tratadas convenientemente, serán puntos críticos para romper la prestación original del panel provocando que la unión entre núcleo y chapa se debilite. En este escenario de evolución del incendio, cuando el núcleo aislante queda expuesto, podría contribuir a la evolución del incendio. Las prestaciones de combustibilidad dependerán no sólo del tipo de núcleo aislante, sino de factores propios del incendio.

En los últimos años sucedieron una serie de siniestros los cuales involucraron los sistemas de paneles sándwich con aislaciones combustibles, en donde las pérdidas de las edificaciones resultaron totales. Estas consecuencias se deben a varios factores tales como la demora en la detección del incendio y/o la dificultad de extinguir el fuego una vez iniciado y a la rápida propagación a través del material combustible (aislante).

A nivel internacional se han detectado una serie de siniestros, en donde se han manifestado un incremento en los daños por incendios en edificios construidos con paneles sándwich. Entre ellos la información brindada por la Asociación de Aseguradoras Británi-

cas (ABI) informa que entre los años 1991 y 2000, se contabilizaron 640 millones de dólares aproximadamente, en daños en la industria alimenticia.

A continuación, en la tabla se mencionan algunos siniestros en plantas industriales argentinas con envoltantes de paneles sándwich o presencia de cámaras frigoríficas conformadas también por estos paneles. Tales eventos implicaron destrucciones totales, pérdidas de horas operativas y de varios millones de dólares en cada caso.

AÑO	ACTIVIDAD PRINCIPAL	DAÑOS OCASIONADOS (Millones de USD)
1997	Frigorífico (carnes)	40
2004	Frigorífico	3
2006	Alimenticia	5,5
2007	Frigorífico (carnes)	1,35
2008	Alimenticia	90
2009	Frigorífico	3
2009	Frigorífico (frutas)	6,5
2011	Frigorífico (cítricos)	3,5
2011	Alimentos congelados	5
2012	Frigorífico	20
2012	Frigorífico	3
2013	Alimenticia	37
2013	Frigorífico	20
2013	Frigorífico	3
2015	Depósito (10.000m <sup>2</sup> )	20
2015	Frigorífico (lácteos)	4,2
2016	Frigorífico	6
2016	Frigorífico	37
2018	Fábrica de conservas	4,5
2019	Frigorífico (carnes)	21
2021	Frigorífico (carnes)	10
2021	Frigorífico (carnes)	5
2021	Alimenticia	5
2021	Frigorífico (carnes)	5

**Tabla 1.** Se muestran los incendios más importantes de la industria argentina en donde la envolvente y/o cámara frigorífica estaba construida con paneles sándwich.



## 5

## Aplicaciones de los paneles sándwich

El uso extendido en construcción de los paneles sándwich se aplica especialmente en el área industrial, con necesidades de temperatura controlada, por su fácil montaje y buen aislamiento térmico utilizado en diferente tipo de edificios.

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

Se pueden diferenciar dos tipos principales de paneles en función de su aplicación:

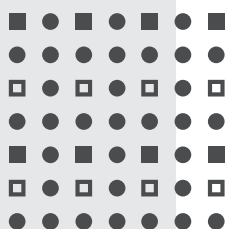
### 5.1 • Paneles de construcción

Este tipo de paneles se aplica a las cubiertas y fachadas como elementos de cerramiento en edificios industriales y de uso terciario. El panel de construcción puede presentar una gran variedad de colores, espesores y diseño. Las juntas entre los 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 pueden aplicarse como soluciones de sectorización contra incendios.

### 5.2 • Paneles para cámaras o áreas refrigeradas

Este tipo de paneles se emplean principalmente en espacios interiores, como particiones, sala de procesados de alimentos, salas blancas, cámaras frigoríficas, etc. Es decir, recintos donde deben mantenerse bajas temperaturas para los procesos productivos. Por tal motivo, 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 son generalmente de color blanco. Los espesores que alcanzan estos tipos de paneles son entre 40 mm a 230 mm aproximadamente, ya que las instalaciones requieren un elevado aislamiento térmico para un 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.



## 6

## Composición de los paneles sándwich

Los paneles sándwich están compuestos por varias capas.

### 6.1 • Capa de chapas metálicas

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

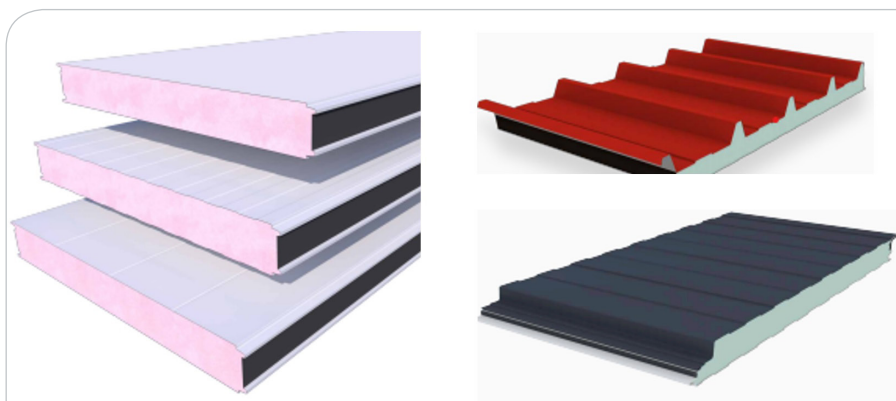
### 6.2 • Capa núcleo aislante

Los espesores de los núcleos aislantes para alcanzar una determinada prestación dependerán del tipo de material de relleno, siendo posible encontrar espesores entre 25 mm y 250 mm, aunque continuamente están apareciendo en el mercado paneles con mayores espesores. De manera general se usan entre 30 y 80 mm para usos de cerramientos (fachadas y cubiertas) y espesores mayores para usos específicos (congeladores, barreras cortafuego, etc.).

**Tabla 2** con las medidas habituales de los paneles en función de su aplicación. **Figura 3.**

	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 2.** Medidas habituales de los paneles dependiendo de su aplicación.



**Figura 3.** Ejemplo de paneles para cámaras, cubiertas y fachadas.



## 6.3 • Uniones

Las uniones entre paneles constituyen un punto crítico debido a que deben ser diseñadas e instaladas perfectamente ya que el éxito del funcionamiento de una instalación con paneles sándwich va a depender en gran medida del diseño 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 el contacto directo del núcleo con la llama.

Todas las uniones deben realizarse respetando la memoria técnica del fabricante y los aspectos contenidos en el informe de ensayo de resistencia al fuego, en donde se mencionan todos los detalles constructivos, para asegurar la funcionalidad de la solución. Este informe debe ser provisto al usuario por el fabricante. En cuanto a las fijaciones, se recomienda, cuando sea posible, que atraviesen las dos caras metálicas para que el conjunto tenga 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 de paneles y es definida por el fabricante. El tipo de junta longitudinal y las fijaciones condicionan el tiempo que tardará el panel sándwich en perder estabilidad. Por ello algunos ensayos de reacción desarrollados a nivel internacional como el SBI, ISO21784 1-2, Factory Mutual, otros y ensayos resistencia al fuego incorporan estas juntas longitudinales del panel a las muestras de ensayo. En Argentina solo se realizan los ensayos de resistencia al fuego según la familia de normas IRAM 11950.

### ▪ Otras uniones

En 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.

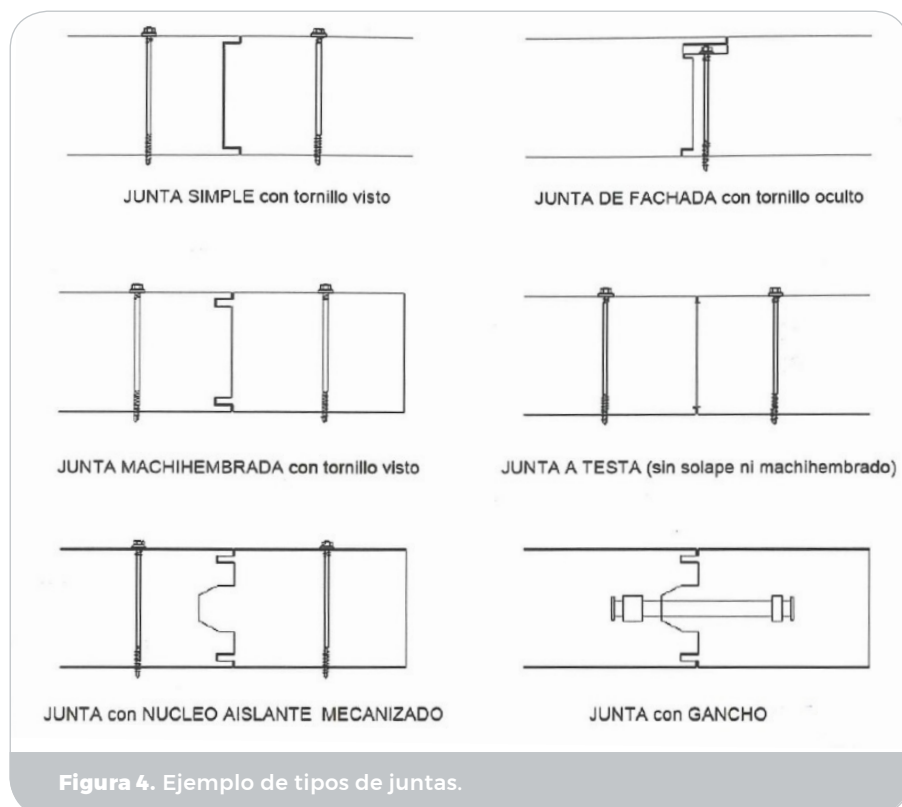
Así, por ejemplo, las juntas de cubiertas intentan conseguir estanqueidad y protección, mientras que en las salas blancas o limpias además interesa la facilidad de limpieza e higiene.

### ▪ Juntas longitudinales y uniones en uso de temperaturas controladas

En cerramientos con temperaturas controladas y humedad elevada o gran cantidad de vapor, se debe sellar 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 caso de que según la memoria técnica del fabricante del panel se requiera algún tipo de sellador 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 de resistencia al fuego.

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 justo antes de encajar la unión de los paneles y no queda a la vista una vez montados. **Figuras 4 y 5.**



**Figura 4.** Ejemplo de tipos de juntas.



**Figura 5.** Ejemplo de junta de un panel de cubierta con tapa junta y mas.



# 7

## Tipos de paneles sándwich

En la actualidad el mercado ofrece una variedad muy amplia de productos de aislamiento tanto de poliuretano como de lana mineral como de poliestireno, pero no todos los productos presentan las mismas características.

### 7.1 • Paneles sándwich de poliestireno

Los paneles sándwich de poliestireno o EPS, fueron unos de los primeros en producirse a nivel mundial, pero debido a cuestiones técnicas y financieras dejaron de usarse en nuevos proyectos en Europa y otros países. Sin embargo, en Argentina tienen un uso sostenido en cámaras frigoríficas entre otras aplicaciones.

Estos paneles tienen como virtudes su gran capacidad aislante, bajo costo en relación con paneles de otros núcleos aislantes. Pero tienen la gran desventaja de no ser resistentes al fuego. El EPS a los 100°C comienza a derretirse y libera humos tóxicos al ambiente, cerca de los 300°C combustiona con la presencia de una llama piloto y tiene una temperatura de autoignición de 450°C. En caso de incendio los paneles sándwich de EPS desde los 100°C manifestaran problemas asociados a:

- Falla en juntas, fijaciones y exposición del núcleo aislante
- Pérdida de masa del núcleo
- Delaminación de las chapas
- Pérdida de capacidad portante
- Alto riesgo para el accionar de los bomberos
- Alto riesgo de incendio con destrucción total de la instalación.

Por las razones antes mencionadas no se recomienda el uso de estos paneles en recintos con riesgo moderado y alto de incendios.

### 7.2 • Panel sándwich de poliuretano

La espuma rígida de poliuretano se obtiene mediante la mezcla por reacción química de polioli e isocianato. Esta reacción es exotérmica, es decir, libera calor. Cuando el calor desprendido en la reacción química anterior se emplea para evaporar el agente expansor se produce como resultado la espuma rígida de poliuretano. Esto confiere a la espuma celdas cerradas y por lo tanto sus propiedades aislantes.

**Figura 6.** Por su naturaleza polimérica es un producto termoestable que no funde

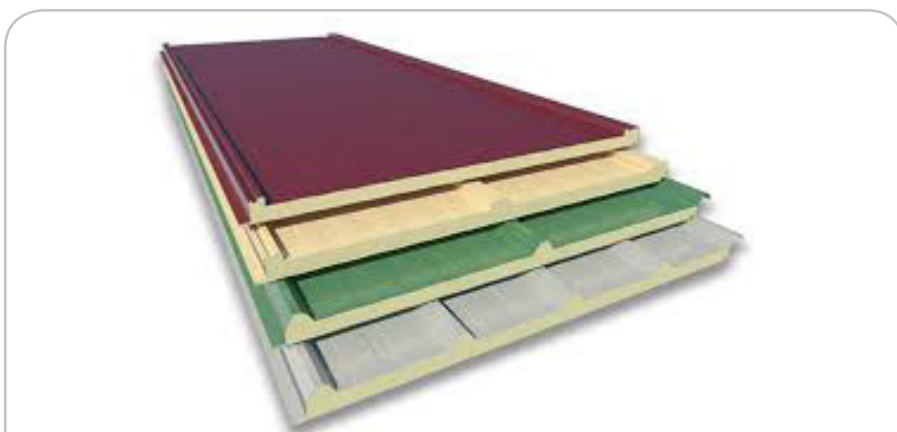


bajo el efecto del calor. La temperatura de descomposición térmica se sitúa alrededor de los 200°C. La temperatura de inflamación está entre 320°C y 420°C. La temperatura de auto ignición está entre 420°C - 550°C.

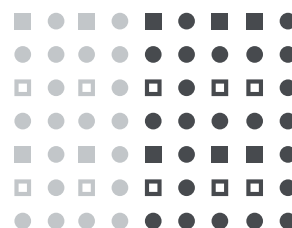


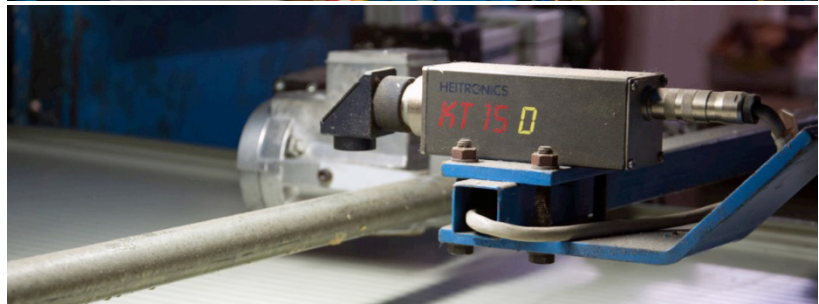
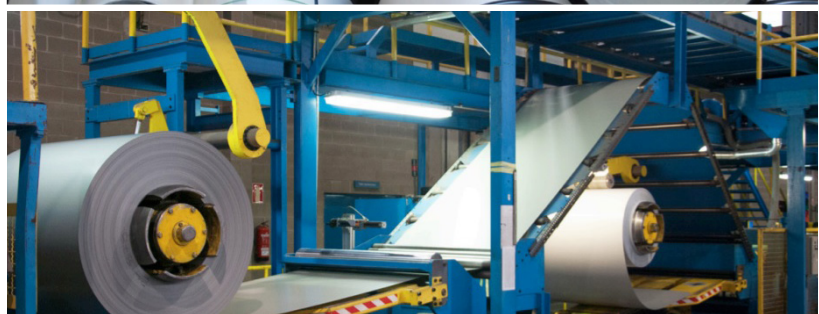
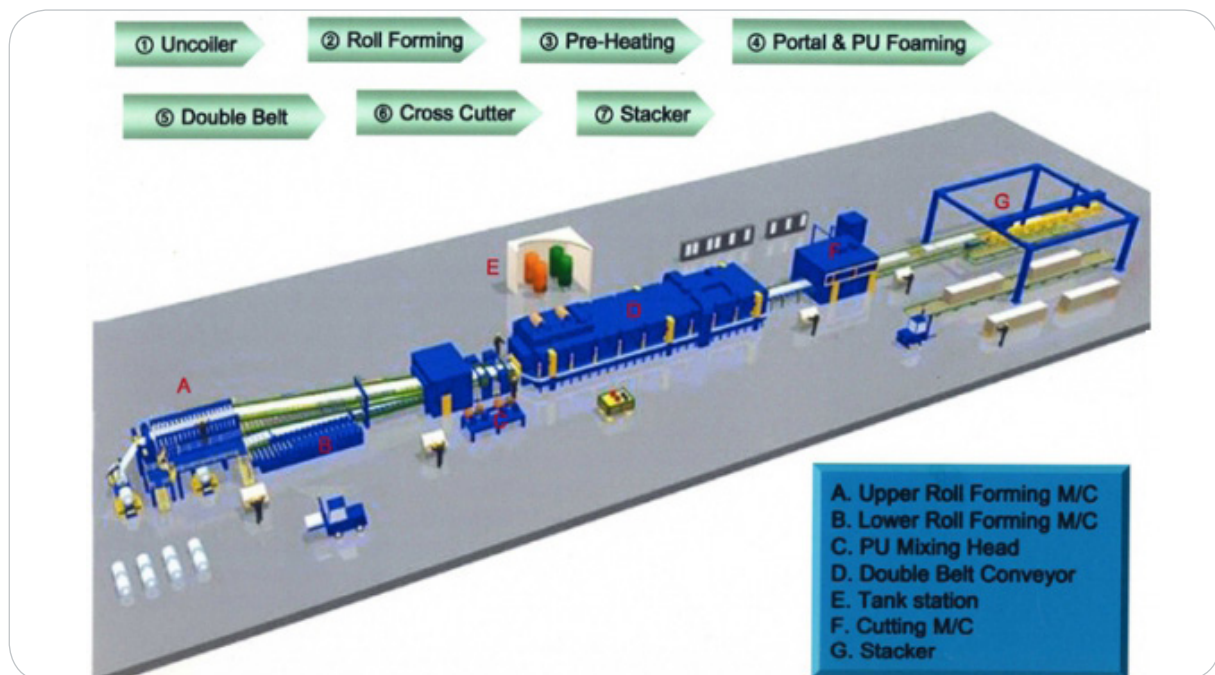
**Figura 6.** Reacción química del poliuretano. (Fuente Kingspan)

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 constructivo a efectos de uso y propiedades. Una de las características específicas de este sistema constructivo es la existencia de juntas longitudinales y en algunos casos perimetrales que permite a cada panel unirse con el resto de los paneles vecinos, manteniendo las propiedades del conjunto. Los paneles sándwich de poliuretano se emplean en construcciones en el ámbito de naves industriales, viviendas, cámaras frigoríficas, deportivas, etc. **Figura 7 y 8.**



**Figura 7.** Tipos de paneles sándwich.





**Figura 8.** Proceso de fabricación de paneles sándwich poliuretano.

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, calidad del acero y sus recubrimientos, diseño de las juntas entre paneles, el procedimiento de fijación y montaje de los paneles. En caso de incendio, cuando el aislante de PIR/PUR queda expuesto y a consecuencia de su naturaleza química, sufren un proceso de carbonización superficial que actúa de barrera protectora evitando que la propagación avance hacia el interior del panel. Si el incendio avanza a una situación descontrolada, todo el núcleo será involucrado en la combustión. **Figura 9.**



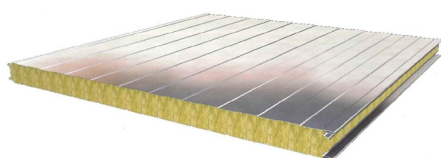
**Figura 9.** Panel PUR luego de ser expuesto a 350 C.

### 7.3 • Panel sándwich de lana mineral

Las lanas minerales aislantes son productos constituidos por un entrelazado de filamentos de materiales pétreos que forman un fieltro que mantiene entre ellos aire en estado inmóvil, por lo tanto, dispondrán de una porosidad abierta. Esta estructura permite obtener productos muy ligeros que, por su peculiar configuración, ofrecen elevados niveles de protección frente al calor, el ruido y el fuego. Están reconocidas internacionalmente como aislantes acústicos -por su estructura flexible- y térmicos -por el entrelazado que mantiene el aire inmóvil-, siendo, además, incombustibles, según la norma ISO 1182/ IRAM 11910-2 (1993), dado su origen inorgánico.

Dentro de las lanas minerales se distinguen dos familias: las lanas de vidrio que emplean como materia prima la arena silíceo y las lanas de roca, elaboradas fundiendo rocas basálticas. Son transformados mediante un proceso de producción y ambas materias primas son tan abundantes y fáciles de extraer en el planeta que no hay riesgo de agotamiento.

Como materiales de porosidad abierta pueden retener agua líquida en su interior, por lo que deben emplearse en aplicaciones que estén protegidas del contacto directo con el agua. Si accidentalmente la lana mineral se moja y el agua no ha causado un daño evidente y si se puede eliminar por evaporación



**Figura 10.** Ejemplo de paneles sándwich lana de roca. (Cortesía paneles ACH).

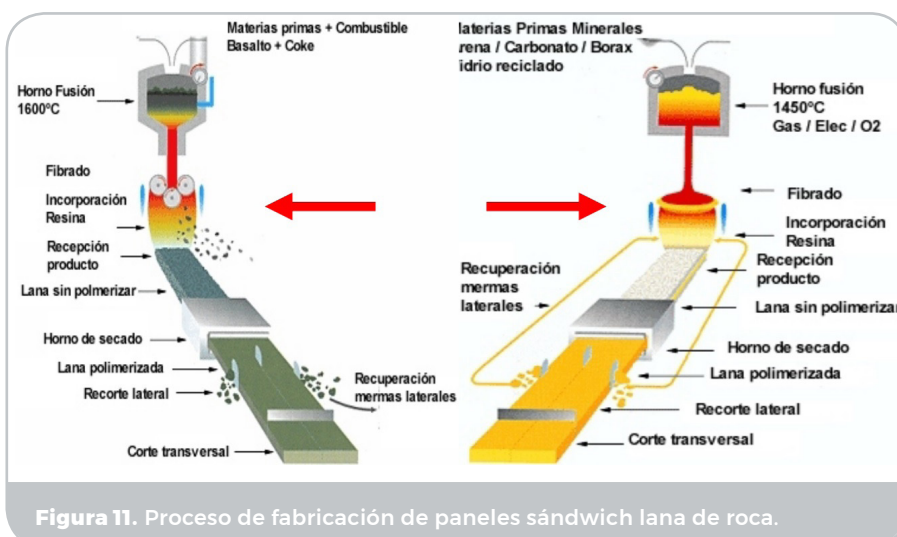
o drenaje, las propiedades térmicas de la misma (aislante) se recuperarán a los valores iniciales. En consecuencia, si por efecto del agua, la lana mineral mantiene su aspecto inicial, espesor, apelmazamiento, desgarramiento, una vez seca volverá a tener sus prestaciones aislantes iniciales.

Estos paneles sándwich están formados por un núcleo de lana mineral recubiertos por ambas caras con una chapa de acero galvanizado. Entre la lana mineral y la chapa de acero hay una capa de adhesivo que permite unir ambos elementos. Este adhesivo puede ser de distinta naturaleza y se aplica en una cantidad muy reducida siendo en algunos casos combustible al igual que el aglutinante. Sin embargo, al usarse pequeñas cantidades se puede despreciar su contribución en un incendio. **Figura 10.**

Estos paneles se emplean como soluciones constructivas de cubiertas (planas e inclinadas), fachadas, particiones interiores verticales y horizontales y medianeras en edificios residenciales, edificaciones industriales, procesos industriales, aplicaciones de climatización y aplicaciones en la industria marítima.

Las lanas minerales son el único aislante que cumple con una triple condición: aislamiento acústico, aislamiento térmico y, por su naturaleza incombustible, protección contra el fuego. De este modo, incorporan las características técnicas que más se valoran en la sociedad actual, definida por la preocupación creciente por el hombre y su entorno, orientada hacia la mejora de la calidad de vida y la seguridad de las personas, y atenta e interesada por la conservación del medio ambiente.

Los procesos de fabricación para ambos grupos de productos se muestran a continuación. **Figura 11.**



**Figura 11.** Proceso de fabricación de paneles sándwich lana de roca.



## 8

## Seguridad contra incendios (SCI)

### 8.1 • Conceptos generales

El objetivo fundamental de la Seguridad Contra Incendios es garantizar la vida de las personas en caso de incendio. Como objetivos secundarios se considera la protección de la edificación y de los bienes contenidos.

El alcance de estos objetivos se logra a través de estrategias que involucran:

- Reducir el riesgo de inicio del fuego
- Impedir o dificultar la propagación
- Permitir una rápida evacuación de las personas
- Facilitar la accesibilidad de los servicios de Bomberos

Para implementar estas estrategias se deben adoptar medidas concretas que se pueden agrupar en preventivas, protección pasiva y protección activa.

Las *medidas preventivas* tienen que ver con los análisis de las posibles causas de inicio del fuego, los análisis previos, la capacitación de los recursos humanos para un correcto uso de las instalaciones y para la evacuación, etc.

Las *medidas de protección pasiva* vienen asociadas al diseño del edificio, teniendo en cuenta la selección de los materiales utilizados (en los revestimientos, en las aislaciones, etc.) así como de los elementos constructivos, la compartimentación o sectorización prevista, la resistencia al fuego de los elementos estructurales, el dimensionamiento y ubicación de los medios de salida, el diseño de la evacuación y control de los humos, las fachadas, el entorno y la accesibilidad de la edificación, etc. Esta forma de protección del edificio es intrínseca del mismo.

Las *medidas de protección activa* están constituidas por los sistemas de detección y alarma, los medios manuales (extintores portátiles) y sistemas fijos de extinción (hidrantes, rociadores), los sistemas activos de control y manejo de humos. Estas medidas se denominan así (activas) porque se ponen en funcionamiento o se activan en el caso de que se produzca un incendio.

Tanto las medidas de protección activas como las pasivas requieren tareas de revisión, prueba y mantenimiento, que no deben ser olvidadas, ya que las medidas pueden perder su efectividad en el momento de ser requerida su participación.



## ▪ Sectorización

Si luego de analizar la función de cada uno de los elementos constructivos, se requiere que estos sean Resistentes al Fuego, deben ser capaces de contener o limitar el incendio a una cierta área, evitando la generalización a todo el edificio, en otras palabras, se los considera una *barrera*. A este concepto se lo define como *Sectorización*. Es decir, se construyen barreras que impidan que el incendio se propague.

La caracterización ante el fuego de cada uno de los elementos de construcción está definida generalmente en las Reglamentaciones (Códigos de Edificación) o en los manuales técnicos sobre el tema.

Además de este concepto, la *Resistencia al Fuego* pretende evitar el colapso de la *estructura*, al menos durante el tiempo necesario para permitir las tareas de rescate y evacuación, cuando estas tareas se realizan en edificios de envergadura y los tiempos de evacuación se alargan.

Los elementos constructivos resistentes al fuego son entonces elementos fundamentales para poder establecer diferentes *Sectores de incendio*. En el caso de los edificios en altura, la sectorización debe hacerse en sentido vertical (es decir sectorizar por piso) y también, si la superficie de cada piso lo amerita, una sectorización horizontal.

El criterio de la sectorización apunta a que el incendio no se generalice, permitiendo una más fácil extinción, así como que las pérdidas sean más acotadas.

Del estudio del edificio a construir, también se debe tener en cuenta, los materiales de revestimiento que están expuestos al ambiente, ya que estos materiales deberían no propiciar la propagación del incendio y generar baja cantidad de humos.

## ▪ Parámetro tiempo en la seguridad contra incendios

Debemos aclarar el concepto del parámetro *tiempo* en relación a la Seguridad Contra Incendios. Durante un incendio se detectan varios estadios. Cada uno de ellos con características distintas: inicio, crecimiento, fuego plenamente desarrollado, decaimiento. La duración en el tiempo del incendio permite aplicar una serie de estrategias de Seguridad Contra Incendios.

Cuando hablamos de evacuación de los ocupantes, debemos realizarla lo antes posible, generalmente dentro de los primeros minutos desde que se inicia el incendio. En este estadio, las características son: baja producción de humos y bajas temperaturas.

En cambio, cuando hablamos de Resistencia al Fuego exigida a los elementos constructivos, nos encontramos en un incendio completamente desarrollado, sin posibilidad de vida de las personas producto de las altas temperaturas. Es por ello que el objetivo es preservar la integridad del recinto. Las Reglamentaciones vigentes, exigen tiempos de Resistencia al Fuego de los materiales que comienzan a partir de los 30 minutos para algunas tipologías de usos de puertas o 60 minutos como mínimo para los demás elementos constructivos.

**Por lo tanto, estos conceptos tiempo de evacuación y tiempo de Resistencia al Fuego no están directamente relacionados.** Las exigencias de *Resistencia al Fuego* para los elementos constructivos funcionan como “un paraguas” para que funcionen las demás estrategias previstas para la SCI.



### ▪ Ensayo de fuego

En la **figura 12**, se puede observar, una curva temperatura-tiempo. Esta curva representa las distintas etapas de desarrollo de un incendio tipo o su dinámica, confinado en una habitación. En cada una de estas etapas se pueden aplicar las distintas estrategias de Seguridad Contra Incendios. Por ejemplo, cuando se inicia el incendio, durante los primeros minutos desde el inicio, las temperaturas son bajas y existe poca generación de humo, es cuando se deberían activar los sistemas de detección y llevarse a cabo la evacuación de los habitantes del edificio. También deberían funcionar los sistemas de extinción.

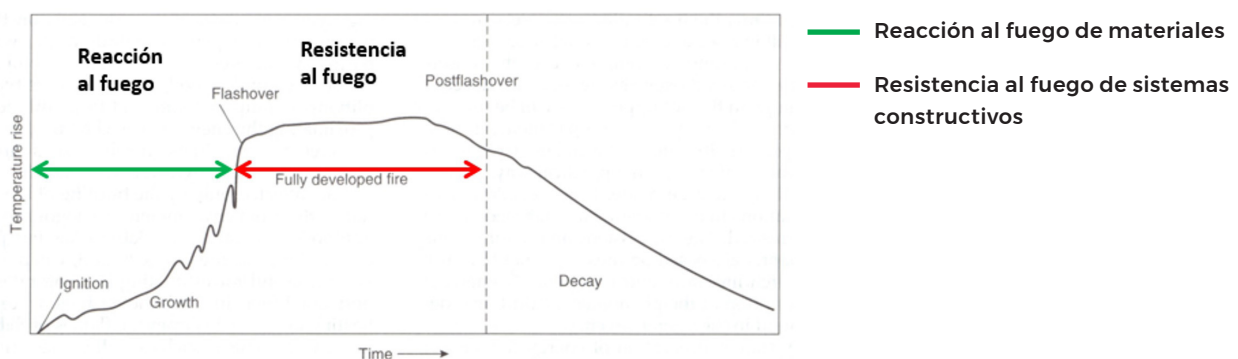
En la etapa de ignición y crecimiento del incendio, los materiales incluidos en el edificio tienen un papel principal en cuanto a la posibilidad de iniciar o propagar el fuego. Por eso los materiales se estudian y evalúan desde el punto de vista de su comportamiento ante el fuego de acuerdo a lo que se denomina como **Reacción al fuego**, capacidad de un material de inflamarse y contribuir a un incendio

Una vez que el fuego se propaga y se produce la transición (o flashover) al incendio plenamente desarrollado, quienes toman un rol fundamental son los

elementos constructivos, en tanto que ellos pueden ofrecer una última barrera al fuego. La posibilidad de que los elementos constructivos constituyan esta barrera está dada por lo que se denomina **Resistencia al fuego**.

Entonces, los materiales y elementos constructivos que conforman un recinto deben ser evaluados para determinar su comportamiento frente al fuego. Por medio de **Ensayos de Reacción al fuego**, donde se evalúan pequeñas muestras del material y se pueden clasificar respecto a la liberación de humo (IRAM 11914) y a la propagación de la llama (IRAM 11910-3), entre otros parámetros.

Por otro lado, los **Ensayos de Resistencia al Fuego** (IRAM 11949) permiten evaluar el comportamiento de elementos y sistemas constructivos (columnas, muros, puertas, etc.), entendiendo por **Resistencia al fuego** el tiempo en minutos durante el cual un elemento constructivo sigue cumpliendo la función para la cual fue diseñado en condiciones de incendio, es decir función portante o de sectorización o ambas. **Ver ANEXO RESISTENCIA AL FUEGO Y ANEXO SITUACIÓN EN EUROPA Y ENSAYOS.**



**Figura 12.** Curva temperatura vs tiempo representativo de desarrollo de un incendio no controlado, en un compartimento. 1- Ignición. 2- Crecimiento (temperatura de capa de gases 20 a 500°C). 3- Flashover (alrededor de los 600°C) 4- Pleno desarrollo del Incendio (700 a 1200°C). 5- Decrecimiento.



## 9

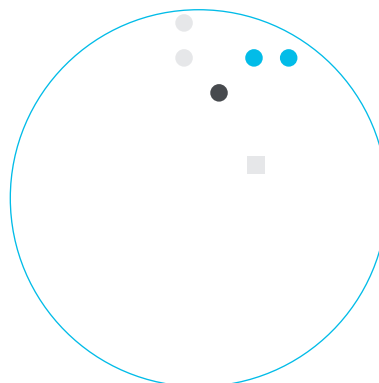
## Ensayos de fuego a paneles sandwich

### 9.1 • Conceptos generales

Hoy, los métodos usuales para la SCI de los edificios se basan en el uso de ensayos estandarizados y prescripciones del código de edificación. El objetivo de estos ensayos es establecer los riesgos de incendio de los materiales de construcción, productos y sistemas en la edificación. Los ensayos estandarizados proveen categorías que se usan para evaluar el desempeño frente al fuego en caso de incendio. Sin embargo, estas categorías sólo dan información en relación al comportamiento observado en las condiciones de ensayo.

La SCI no puede ser integrada como una variable cuantificable en el diseño de un edificio, debido a que el desempeño en el ensayo estandarizado solo es relevante en las condiciones del ensayo. Se espera que el diseño sea guiado por los materiales que proveen mejor desempeño energético debido a las políticas de eficiencia energética.

Este es el caso de los productos aislantes plásticos que generalmente muestran bajas conductividades térmicas. Sin embargo, a pesar de su inflamabilidad, el único requerimiento de SCI es cumplir con lo establecido en el marco de un ensayo estandarizado. Durante la última década, aparecieron nuevos desarrollos tecnológicos, en cuanto a materiales, que si bien mejoran la eficiencia energética trajeron aparejados nuevos riesgos intrínsecos de incendios en los edificios. La principal preocupación tiene que ver con la inflamabilidad y combustibilidad de algunos de esos materiales y el efecto que tienen en el incendio debido a las características de sus propiedades térmicas. Sin embargo, la principal cuestión recae en decidir si hay suficiente coherencia entre el marco de trabajo de la SCI basado en ensayos estandarizados y los riesgos del uso generalizado de los materiales de aislamiento. En el presente, el desafío para los diseñadores es que mientras se reconoce que los comportamientos de los materiales actuales no representan necesariamente más que lo que se observa en el ensayo, no hay herramientas disponibles para cuantificar el riesgo de incendio del uso de materiales aislantes.





Un análisis riguroso del desempeño frente al fuego de los elementos reconocería las limitaciones de un ensayo específico y más importante, no estaría influenciado por los intereses particulares de la industria. Por lo tanto, los diseñadores requieren de manera urgente herramientas y recomendaciones. Estas herramientas, recaen necesariamente en la caracterización del material de modo de poder valorar una cantidad ilimitada de escenarios de fuego de manera cuantitativa.

Los ensayos normalizados de comportamiento ante el fuego que se realizan en el país siguen dos grandes líneas:

- a) Ensayos de **reacción al fuego**, utilizados para clasificar **materiales en general**.
- b) Ensayos de **resistencia al fuego**, utilizados para clasificar **sistemas constructivos**.

#### ▪ Ensayos de Reacción al Fuego

Dentro del conjunto de los ensayos de reacción al fuego, la evaluación y clasificación de los materiales de construcción tiene en cuenta dos parámetros: la “incombustibilidad” y el “índice de propagación superficial de llama” método del panel radiante.

Un tercer ensayo se utiliza para la “Determinación de la Densidad Óptica de Humos” que se realiza de acuerdo a las indicaciones de la Norma IRAM 11912:1995 “Método de Determinación de la Densidad Óptica del Humo” generado por combustión o pirodescomposición de materiales sólidos.

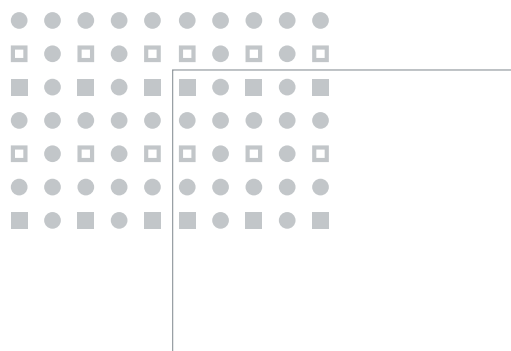
#### ▪ Secuencia de ensayos de Reacción al Fuego

Los materiales se evalúan en primer lugar por el método indicado en la Norma IRAM 11910-2 (coincide con ISO 1182) para determinar si son combustibles o incombustibles. En caso de resultar incombustible se los clasifica según la Norma IRAM 11910-1 como RE1: “incombustible”. En el caso que el material resulte combustible, se evalúa además de acuerdo a la Norma IRAM 11910-3 (coincide con ASTM E 162) para determinar el índice de propagación de llama, y de acuerdo al valor alcanzado del mismo, el material se clasifica entre RE2 a RE6 (“Muy baja propagación de llama” hasta “Muy elevada propagación de llama”).

**Los ensayos de reacción al fuego pueden utilizarse solamente para comparar materiales de relleno,** es decir comparativamente cuál de ellos se comporta mejor, pero solo con fines orientativos.

#### ▪ Ensayos de resistencia al fuego

Los ensayos de evaluación de Resistencia al Fuego se aplican para evaluar y clasificar sistemas constructivos capaces de mantener la función para la cual fueron diseñados aún en situación de incendios por un tiempo determinado.





## 9.2 • Ensayos de Fuego a Paneles Sandwich

Los paneles sandwich comúnmente utilizados (material aislante entre láminas de chapa), constituyen una familia particular de materiales compuestos, donde el comportamiento ante el fuego está asociado no solo a los materiales que lo componen sino al diseño del sistema. Los componentes del panel actúan en su conjunto.

Por esta razón los **ensayos de reacción al fuego no son aplicables a los paneles sandwich** ya que no son representativos del comportamiento ante el fuego del conjunto del sistema.

Es por eso que los sistemas de paneles sandwich no pueden caracterizarse o clasificarse desde el punto de vista de la reacción al fuego, utilizando el criterio general de materiales de construcción empleado en Argentina.

**Los fabricantes, constructores y usuarios en Argentina suelen presentar certificados sobre ensayos realizados a los materiales componentes de los paneles que NO son representativos del comportamiento al fuego de los sistemas de paneles sandwich. Entre estos se encuentran los ensayos según UL 94 (ASTM D 635), IRAM 11918, DIN 4102-1.**

Esto genera confusión y falsas certezas respecto de la seguridad de las construcciones realizadas con estos sistemas.

El problema concerniente a la caracterización de los paneles no se presenta solamente en nuestro país. A nivel mundial, en diferentes regiones o países, en donde se utilizan otros parámetros para la caracterización de la amplia mayoría de los materiales de construcción, los ensayos tradicionales, tampoco resultan aplicables para esta familia de materiales, como es el caso de la Euroclases (en Europa) o el método del túnel de Steiner (en EUA).

De acuerdo a evaluaciones e interlaboratorios realizados en el ámbito de la UE, los paneles sandwich con recubrimiento metálico forman parte del 10% de los productos de construcción en los que el ensayo principal de clasificación (SBI, Single Burning Item) no refleja el riesgo real del producto. Por lo que no se aconseja este ensayo tampoco.

Desde hace tiempo que los ensayos de paneles sandwich a escala pequeña e intermedia (como son los ensayos de reacción al fuego para caracterizar materiales) son cuestionados y ha llevado a que grupos de trabajo de la ISO desarrollaran ensayos a gran escala específicos para los mismos

Por otra parte, los sistemas de paneles sandwich con núcleos incombustibles o compuestos de capas de materiales combustibles e incombustibles, pueden alcanzar determinados grados de "resistencia al fuego" y en este caso, ser utilizados como elementos de compartimentación de sectores de incendio. En el país, para la evaluación de estos paneles se utiliza el método de ensayo indicado en la Norma IRAM 11950, que permite clasificar los sistemas de acuerdo a la Norma IRAM 11949, entre FR 30 (30 minutos resistente al fuego) a FR 240 (240 minutos de resistencia al fuego). A nivel internacional, la clasificación y caracterización es totalmente coherente con la que se realiza a nivel nacional. Ver ANEXO ANÁLISIS DE NORMATIVA PARA PANELES SANDWICH.



## 10

## Comportamiento ante el fuego de paneles sándwich

El comportamiento ante el 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 influye 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 tienen una influencia directa en el tamaño del incendio, como, por ejemplo, tipo y magnitud y característica 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, pases de instalaciones que generan perforaciones, efectividad de las compartimentaciones, medidas de protección pasiva y activa, sistema 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 este estará directamente relacionado con la protección del núcleo aislante.

A medida que avanza el incendio, la temperatura será mayor y aumentará 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 combustible contribuirá al incendio, es el caso de los paneles de PIR, PUR, EPS, en cambio en el caso de los paneles de lana de roca el pegamento y aglutinante que se utilice pueden participar también en el incendio. Al 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 a la estructura, así como la resistencia al fuego de la estructura principal del edificio.



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

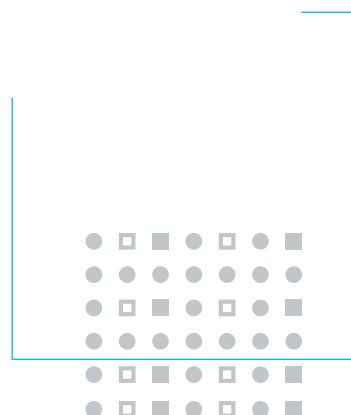
Los paneles diseñados para fachadas o cubiertas se fijan a la estructura del edificio por lo que será más difícil que se desprendan los paramentos metálicos incluso en el hipotético caso de un incendio desarrollado. Los paramentos metálicos continuarán protegiendo al núcleo aislante incluso cuando los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

Por otro lado, 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 se deberá resolver conforme la memoria técnica del fabricante, la cual es respaldada en el informe técnico del ensayo de 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 solapadas entre paneles, presentan 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 la pérdida de adhesión en las proximidades del foco de incendio.



Los procesos específicos que se manifiestan cuando se produce un incendio en edificios realizados con paneles sándwich son:

#### ■ Delaminación de las caras.

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

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

#### ■ 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 aperturas de las juntas.

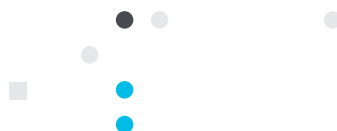
En función del diseño de la junta y debido a las temperaturas alcanzadas durante el incendio, las juntas perderán su estado inicial y se abrirán dejando paso a las llamas y/o flujo de calor. En consecuencia y en función del núcleo empleado es posible que aumente la propagación del incendio. El grado 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 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 debiliten. Cuando la junta entre paneles pierde su posición inicial, el núcleo quedará expuesto al incendio, dependiendo la evolución del incendio a partir de ese 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 no dependerá únicamente del panel sándwich, sino que estará afectada por otros factores como la cantidad y 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 del relleno.

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

Se debe considerar la opacidad de los humos dado que impiden la evacuación y la aproximación segura de los equipos de extinción. Es aconsejable que se ponga especial atención en el diseño y en el uso en las zonas adyacentes a compartimentaciones y a vías de escape y se utilicen productos con una demostrada baja producción de humos (Ensayo IRAM 11912).





## 10.1 • Comportamiento de los paneles sándwich de PUR y PIR

El poliuretano rígido (PUR) y sus variantes, el poliisocianato (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 productos precursores, presentado en el caso del PIR una mayor cantidad de isocianato. Conviene aclarar que no hay una definición oficial a partir de cuándo una espuma puede ser considerada PIR. Se suele denominar espuma PIR aquellas en las cuales el índice es superior a 180. El índice se basa en la relación estequiométrica entre el isocianato y polioliol y no 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 autoignición está entre 420°C y 550°C. El poder calorífico de este material está comprendido entre 22 y 31 MJ/kg. Dado que existen una gran variedad de formulaciones de PIR y PUR, como consecuencia de este hecho existirán paneles sándwich con comportamientos en caso de incendios muy diferentes.

En caso de incendio, si el núcleo llega a verse expuesto, combustionará por efectos de la llama y el oxígeno originando una carbonización gradual sobre la superficie del poliuretano (la rapidez dependerá de la velocidad de propagación al fuego del material). 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 se produzca un 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 sino es afectada por una llama o fuente de calor. **Figura 13.**



**Figura 13.** Ejemplo de la extensión de la carbonización sobre espuma rígida de poliuretano.

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 cantidad significativa de su masa alrededor de los 300°C. En el caso del PIR, tiene una temperatura de pirólisis inferior y mostrarán una tendencia lineal, siendo comparativamente mejor. La carbonización superficial conformará una capa protectora. Por eso es imprescindible que las fijaciones estén ejecutadas conforme a la memoria técnica del fabricante para que cumpla las prestaciones para las cuales fue diseñado.

## 10.2 • Comportamiento de los paneles sándwich de lana mineral

La lana mineral como producto desnudo, es un material inorgánico, no combustible, con baja formación de humos y no produce caída de partículas inflamables. 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 poder 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 los 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 pandeo del paramento metálico, se facilita la separación de la chapa metálica del núcleo aislante. Este estado puede comenzar a producirse a partir de los 300°C y acentuarse conforme aumente la temperatura. Es imprescindible que las fijaciones estén ejecutadas conforme a la memoria técnica presentada para el ensayo de resistencia al fuego. De esta forma se asegura que el panel cumple con las prestaciones requeridas de resistencia al fuego.

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



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

### 10.3 • Desarrollo de nuevo ensayo de reacción al fuego en paneles sándwich H-TRIS

La normativa presentada anteriormente (ver ANEXO ANÁLISIS DE NORMATIVA PARA PANELES SÁNDWICH) no está incorporada en la actualidad a los códigos reglamentarios de la edificación civil o industrial en nuestro país, pero es utilizada habitualmente por las empresas de seguros a fines de la protección de la propiedad.



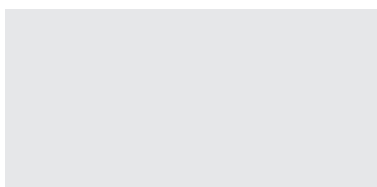
Por otra parte, dentro de los trabajos de investigación referenciados, se presenta un ensayo de reacción al fuego de pequeña escala, no normalizado aún, que permite obtener información relevante del comportamiento ante el fuego de los sistemas de paneles sándwich. Esta nueva metodología, permite determinar propiedades críticas de los sistemas más que de los materiales de forma individual.

Al respecto, las tesis de Hidalgo Medina y Maluk, (2015) referencian el procedimiento de ensayo que utiliza el equipo con el que se puede evaluar **materiales compuestos** y determinar temperaturas críticas de descomposición de los materiales aislantes combustibles, así como el comportamiento de las juntas de los sistemas.

Esta nueva metodología de evaluación, denominada Heat - Transfer Rate Inducing System (H-TRIS), fue desarrollada utilizando una técnica de carga térmica innovadora. El H-TRIS se basa en el uso de un dispositivo móvil constituido por un panel radiante de alto rendimiento alimentado por propano, con un mecanismo computarizado de movimiento. **Figura 14.**

La carga térmica se controla mediante la medición del flujo de calor incidente en el elemento expuesto, pudiéndose aplicar diferentes cargas térmicas constantes o variables.

Esta metodología se presentó en 2012 con la finalidad de reemplazar ensayos a gran escala (Horno de resistencia al fuego ISO 834), representando la exposición de un elemento a la curva normalizada de incendio.





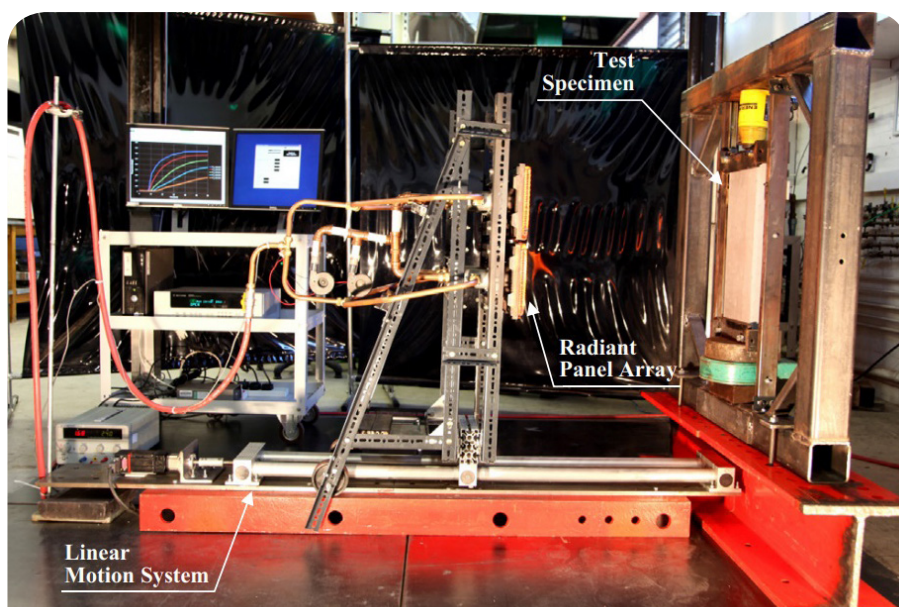


Figura 14. Equipo de ensayo H-TRIS.

La versatilidad del H-TRIS es aprovechada en la actualidad para el estudio de diversas propiedades de elementos y sistemas constructivos y para otras industrias, en laboratorios e instituciones de relevancia a nivel mundial, como la Universidad de Edimburgo, Universidad de Queensland, Universidad Técnica de Dinamarca, entre otros.

El H-TRIS permite evaluar propiedades críticas de los materiales a pequeña escala sometidos a diferentes cargas térmicas constantes o variables y el costo del ensayo es relativamente bajo en comparación con otras pruebas.

En cambio, los ensayos a gran escala son fundamentalmente cualitativos y no brindan información específica para interpretar lo que le sucedió al sistema. Cuando los sistemas fallan, el daño es total y no permiten un análisis del proceso y motivo de la falla. Por lo tanto, si en este caso se optara por realizar sólo el ensayo de acuerdo a la Norma ISO 13784-1, el usuario no tendría información adecuada y suficiente para mejorar su sistema.



## 11

## Medidas de protección pasiva y activa contra incendios en instalaciones con paneles sándwich

### 11.1 • Conceptos generales SCI

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 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 se podría desarrollar.

Es frecuente encontrar, y así lo atestiguan diversos estudios (MAPFRE 1993), 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 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 segundo lugar proteger el patrimonio.

Un aspecto de suma importancia a considerar en la gestión de la seguridad contra incendios es la implementación del permiso de trabajo en caliente. El permiso de trabajo en caliente 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 implementación de los procedimientos y las medidas de seguridad necesarias para realizar los trabajos. Ver ANEXO TRABAJO EN CALIENTE E INSTALACIONES ELÉCTRICAS.

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

En caso de incendios, su propagación va a depender de numerosos factores imposibles de reproducir en simulaciones dado que las 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, uso de las instalaciones, etc.

Por eso, las medidas de protección contra incendios pasiva y activa disponibles para la SCI, 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.

## 11.2 • Medidas 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. Por otro lado, se debe considerar también, que no sean modificados luego de instalados o si se modifican que se sellen las perforaciones con materiales de la misma resistencia al fuego.

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, confiera 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 los pases de compartimentación que pueden existir cuando cintas transportadoras o líneas de producción atraviesan particiones entre sectores diferentes. También se dan normalmente comunicaciones entre sectores diferentes por medio de falsos techos o suelos que no están adecuadamente compartimentados, patios, o por el paso de conductos (tubería, aire acondicionado, etc.)

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. Es fundamental un plan de auditorías anual integrado el sistema de SHE (Seguridad, higiene y ambiente) de la industria.

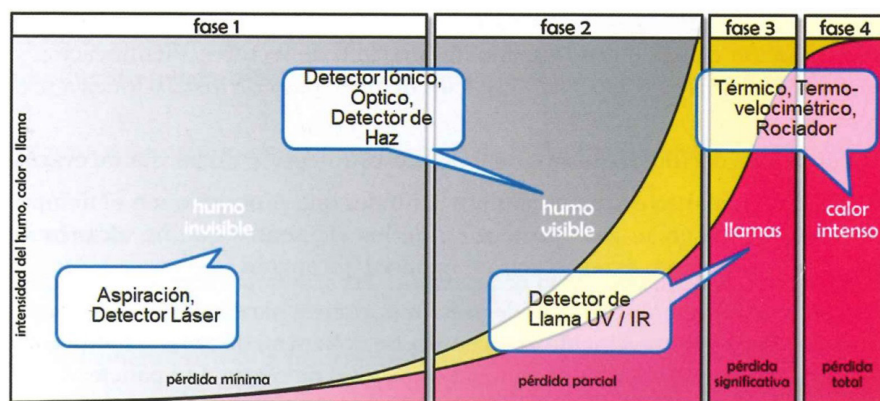
Tanto la ley de Higiene y Seguridad en el trabajo, ley n°19.587, como el Código de Edificación de la CABA, según los usos edilicios exigen sectores de incendio dentro de las edificaciones como medida de protección pasiva. En cuanto en la envolvente, no se requiere FR si la industria está aislada y no afecta a otra propiedad. En el caso de compartir medianera, esta debe tener FR como mínimo de FR60, dependiendo del tipo de industria o una distancia de por lo menos 4m libres entre las dos edificaciones.

### 11.3 • 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 paneles 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, humos, o llamas.



**Figura 15.** Selección de la tecnología de detección según el tipo de incendio esperable.

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 15**.

Los componentes más importantes o característicos de la detección son:

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

Los sistemas deben ser compatibles entre ellos, mantenimiento periódico y se debe capacitar al personal. Además, si hay modificaciones en el uso de la instalación también se debe considerar este punto.

#### *Sistema de detección contra incendios en la Industria frigorífica*

Los paneles sándwich son habitualmente instalados en la 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 y las posibilidades de condensaciones.

En aquellas zonas refrigeradas con temperatura positiva, 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 estos sistemas 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 estos tipos de sistemas son:

- Los detectores deben ser localizados fuera del área 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.

#### • Sistema para el control de la temperatura y evacuación de los humos

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 incendios, estos sistemas contribuirán a la extracción de humos y gases calientes y aportarán aire fresco, medidas que 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 un sistema diseñado a medida que consta de: red de tuberías, válvula de apertura, alarma, bomba y rociadores. Estos sistemas no solo pueden controlar la extensión de un incendio, sino que en algunos casos son capaces de mantener la temperatura de los paneles sándwich próximos al incendio en niveles adecuados evitando su ignición y la del resto de los paneles. En consecuencia, los paneles sándwich no contribuirían al incendio.

Diversos estudios experimentales de Factory Mutual (2009, 2018) muestran el beneficioso efecto del empleo de rociadores en la edificación confirmando mejor control de incendios, reducción de daños ocasionados y menores emisiones de humo.

En una instalación podemos identificar dos tipos de incendios, los que se generan por la ocupación del lugar que involucra a la carga de fuego contenida en el edificio y los que por algún otro motivo involucran a las paredes y techos que conforman la envolvente del edificio. El primero se considera que es un incendio en un edificio, y el segundo se entiende que es un edificio incendiado. Dado que los paneles sándwich por lo general conforman la envolvente debemos analizar en detalle la SCI para evitar pérdidas totales en caso de incendio.

Considerando que la mayoría de los materiales que forman el núcleo de los paneles sándwich son combustibles y se queman con diversos grados de intensidad. Los rociadores automáticos instalados para proteger la ocupación de un recinto no siempre son adecuados para proteger contra un incendio que afecte a paredes y techos realizados con paneles sándwich. Dependiendo del tipo de relleno del panel, el fuego puede propagarse más rápido de lo que pueden operar los rociadores automáticos.

Las pruebas de materiales a pequeña escala en FM Global han demostrado que los materiales plásticos de espuma tienen un calor de combustión al menos dos veces (PUR, PIR) a tres veces (EPS) mayor que los materiales combustibles ordinarios como la madera, papel y cartón. Este parámetro debe considerarse al analizar la SCI de un edificio que utilice paneles sándwich.

Los rociadores en combinación con paneles sándwich aprobados (Loss Prevention Estándar (LPS), Factory Mutual (FM)) pueden tener buen comportamiento ante el fuego en “algunos” casos de incendios y logran evitar su propagación. Los paneles FM han demostrado que el revestimiento de metal retrasa la ignición del núcleo de 10 a 15 minutos otorgando más tiempo a los rociadores para controlar

el fuego. Sin embargo, debemos asegurarnos que los rociadores actúen sobre el foco del incendio. Existen algunos incendios sobre los que los rociadores no tienen control: pallets o residuos acopiados afuera de la envolvente del edificio, incendios en espacios ocultos no protegidos, incendios eléctricos en contacto con paneles, incendios por trabajos en caliente que emiten chispas y afectan al núcleo combustible, etc. Es estas situaciones el relleno puede ser alcanzado por el fuego y propagarse. Por lo tanto, es fundamental evitar que el incendio ingrese al interior del panel ya que los rociadores no tendrán ninguna posibilidad de controlar el fuego. Es aquí donde es relevante mantener la limpieza de las instalaciones, sellar correctamente penetraciones, utilizar de forma responsable los permisos de trabajo y hacer un control periódico de las instalaciones.

Sin dudas los paneles con EPS son los más riesgosos y los que requieren de más atención y cuidados. Existen muchas situaciones en donde el núcleo puede verse afectado y esto conducir a un incendio generalizado. Es así que una papelería ardiendo cerca del panel de EPS no activará el sistema de rociadores, pero puede deformar o derretir el panel, abrir su junta y el fuego ingresar al interior generando una catástrofe. En cambio, si los paneles sándwich son de poliuretano, se necesitará un incendio bastante más grande que una papelería, que posiblemente haga actuar el rociador, evitando que la junta se deforme y el relleno quede expuesto al fuego. Por lo expuesto, una combinación de paneles de poliuretano con rociadores automáticos tiene una tendencia a ser bastante más efectiva que una combinación con EPS. Siguiendo esta línea de razonamiento los paneles de lanas minerales serán los más efectivos.

En aquellos casos en que los paneles sándwich constituyan cerramientos de recintos refrigerados por debajo de los 4°C, no es posible la instalación de rociadores de tubería húmedas (es decir con tuberías llenas de agua). En estos casos, se pueden utilizar otras 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.

#### • Sistema de extinción por gas

Estos sistemas descargan una determinada cantidad de agente extintor gaseoso en el interior del recinto en donde se encuentra el 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 man-





tenerse. Esto es propio del CO<sub>2</sub> y de los gases inertes. Otros actúan por un principio de enfriamiento, absorbiendo el calor generado en la reacción de combustión e inhibiéndola, como el caso de los agentes fluorados.

En todos los casos, es necesario que el recinto tenga una buena estanqueidad para facilitar la presencia del agente 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 estanqueidad.

Sin embargo, las cámaras y almacenes con cerramientos de paneles 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.

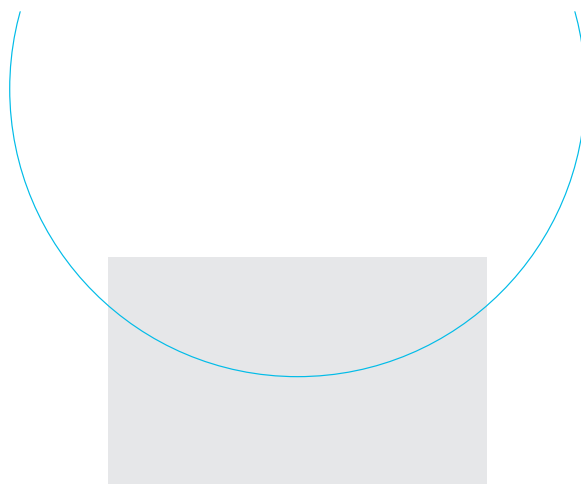
Una opción alternativa puede ser la inertización del recinto, cuando las dimensiones y las condiciones de operación lo permitan. Esta extinción presenta similitudes con la extinción por gas, sin la problemática del volumen de almacenamiento de agente extintor.

#### • Sistema 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.

Por eso se inyecta un gas inerte en el recinto a través de una red de tuberías y difusores, hasta lograr unos índices de oxígenos en el aire que no permiten la combustión de la mayoría de los materiales (alrededor del 15%, en lugar del 20% 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 obtiene 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.





## 12

## Inspección de instalaciones con paneles sándwich y mantenimiento

### 12.1 • Generalidades

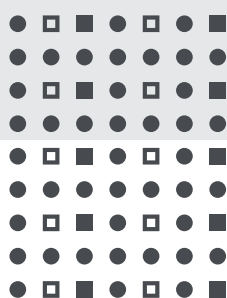
Los paneles sándwich deben ser seleccionados en primer lugar por sus prestaciones para el proceso industrial y posteriormente se debe realizar una adecuada gestión de la seguridad en caso de incendio. También, debe establecerse el nivel de protección contra incendios óptimo y de manera integral tomando como referencia la legislación aplicable. Si se tiene en cuenta que, en general, esa legislación siempre ofrece, niveles mínimos de seguridad, se recomienda ir mucho más allá de la obligatoriedad y establecer un nivel acorde al negocio que se quiere proteger.

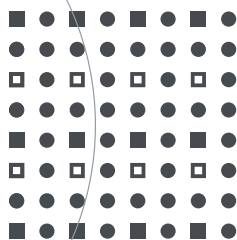
En el caso concreto de una inspección de instalaciones con paneles, no debe centrarse el análisis solamente en el panel ya que los incendios en este tipo de instalaciones rara vez tienen como origen los paneles sándwich. Los incendios producidos en instalaciones con paneles sándwich se producen principalmente en el ámbito de la industria alimenticia, otras aplicaciones como por ejemplo los almacenamientos refrigerados o su uso como cerramiento presentan una incidencia menor. Además, se debe considerar que la frecuencia de los incendios es media pero los daños producidos son altos.

Es muy importante analizar los incendios sucedidos en las instalaciones con paneles sándwich, para aprender qué posibles aspectos son susceptibles de iniciar y propagar el incendio.

A continuación, se enumeran algunas causas comunes de inicio o propagación de incendios:

- Estrategia inadecuada de la SCI en los edificios.
- Ausencia de evacuación o compartimentación de humos.
- Muros cortafuegos no efectivos.
- Ausencia de rociadores.
- Grandes espacios ocultos sin compartimentar o con compartimentaciones que no son efectivas.
- Mala ejecución de las instalaciones eléctricas (cortocircuitos de cables desprotegidos atravesando paneles, etc.)
- Incendios intencionados.
- Trabajos en caliente.
- Falta de planificación en el almacenamiento (como por ejemplo uso de espacios como pasillos).





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

- Escombros en la base del horno.
- Aceites calentados por encima de su temperatura de inflamación.
- Colillas de cigarrillos desechados.
- Depósitos de aceites en filtros de los hornos.
- Inadecuado mantenimiento de las freidoras.
- Derrames en las inmediaciones de los depósitos de aceite.
- Especificaciones inapropiadas para cintas transportadoras.
- Mantenimiento inadecuado en hornos.

Los incendios son fenómenos muy complejos que dependen de una gran variedad de factores, por ello al día de hoy, no es posible simular el comportamiento real del incendio. Por esos 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, etc. a través de termografías. Con el objeto de disminuir la intensidad de los incendios, se recomienda además implementar las medidas de protección contra incendio, 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 sandwich.

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 las instalaciones con paneles desde diferentes puntos de vista.

## 12.2 • El entorno del panel sandwich

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 mercaderías combustibles no deberían ser almacenadas en las inmediaciones de los paneles, como por ejemplo pallets. En tal caso, es recomendable mantener una separación mínima de 10m. **Figura 16.**



**Figura 16.** Almacenamiento de pallets de madera próximos a un cerramiento mediante paneles sandwich.

- Las instalaciones empleadas para la recarga de las baterías de los autoelevadores deberían estar alejadas de los paneles sándwich excepto que estos presenten una resistencia al fuego de 60 minutos.
- Instalación eléctrica adecuada y protegida.

Las inspecciones no solo se deben 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 cercano a los paneles instalados en el exterior como fachadas.

### 12.3 • Instalaciones eléctricas

Debe someterse al obligado cumplimiento del Reglamento para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles AEA 90364, con las versiones periódicas correspondiente.

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 puedan ser considerados como un riesgo potencial de inicio de un incendio.

### 12.4 • Trabajos en caliente

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, etc.), se recomienda considerar la implementación de las medidas de prevención que se relacionan:

- Establecer un protocolo de comunicación por escrito cada vez que plantee la realización de estos trabajos, que sean autorizados por 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 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 vigilada 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.

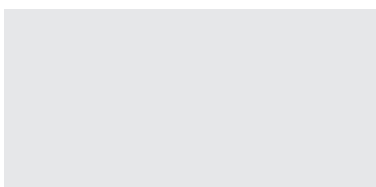
**Ver ANEXO TRABAJOS EN CALIENTE E INSTALACIONES ELÉCTRICAS.**



## 12.5 • Buenas prácticas de mantenimiento

Aspectos a tener en cuenta durante el uso de los paneles sándwich

- 1. Durante la vida útil del panel deberá realizarse como mínimo una inspección anual de mantenimiento y limpieza con el fin de identificar cualquier degradación accidental de los revestimientos de protección. Esta inspección deberá ser realizada por personal calificado. 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 como mínimo 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 máquinas a presión deberá ajustarse por debajo de los 20 bar.
- 3. Antes de proceder a la limpieza de toda la superficie hacer una pequeña prueba 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 en 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 haya secado sobre la superficie. Esto es especialmente importante en 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 caso de PANELES DE CUBIERTAS, para garantizar la durabilidad de la misma, esta debe tener una pendiente mínima de 5 % en ausencia de solapes y del 7 % con solapes. Para efectuar un correcto mantenimiento del edificio deberá disponer de sistemas de accesos que posibiliten:

- Limpiar periódicamente las canaletas y las bajadas de desagüe de lluvia, 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 implican 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 de protección.
- Revisar periódicamente el estado de los sellados de las juntas. Volver a sellar si se observan alteraciones.

En caso de paneles de uso AGROALIMENTARIOS, además:

- Utilizar agentes de limpieza con PH entre 4 y 9.
- Planificar la limpieza respetando la concentración, presión 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 pre lacados.
- Después de la aplicación, siempre lavar abundante e inmediatamente con agua limpia.
- En las cámaras, debe inspeccionarse continuamente el buen estado de 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 puedan dañarlas definitivamente.

## 12.6 • Reparación de Instalaciones con paneles sándwich

En el caso de desperfectos sobre el panel o accidentes, se debe valorar la extensión del daño producido. Si los daños son debido a golpes leves, se podría optar por reparar la chapa metálica mediante la colocación de un parche metálico en frío. Se debe presentar 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 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 está desempeñando.

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

- Si la pintura está dañada y el zincado visible:

1. Limpiar la superficie
2. Aplicar una ligera imprimación tipo epoxi-poliuretano
3. Aplicar pintura acrílica-poliuretano sobre imprimación

- Si se realiza un pintado sobre la pintura pre lacada

1. Limpiar la superficie
2. Aplicar pintura acrílica-poliuretano.

## 13

# Instalación y montaje de paneles sándwich

## 13.1 • Conceptos generales

El proceso de instalación y montaje es una actividad de gran relevancia en la 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 se 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.

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 la prestación del panel recibido y no sobre un genérico. En este punto, es necesario resaltar que el panel que se va a instalar disponga de las características de resistencia al fuego requeridas. 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 el fabricante del panel.

En algunos sistemas o situaciones particulares, como por ejemplo pases de instalaciones, podrá ser necesario la utilización de sellante o sellador. Estos selladores deberán cumplir con las mismas características o superiores, en cuanto al comportamiento al fuego que el sistema original al que pertenece.

En Europa, existen sistemas con protecciones perimetrales de los paneles sándwich de cualquier tipo, que evitan la rápida delaminación y consecuente propagación del fuego en el núcleo del panel.

Uno de los puntos más relevantes de los paneles sándwich son sus juntas. Dada la gran versatilidad y uso de los paneles sándwich, la junta presentará una gran variedad de diseño 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 las correspondientes memorias técnicas, respaldada por el ensayo correspondiente.

**Por lo 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.**

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 efectos térmicos relevantes. Estos hechos se han podido experimentar en ensayos de laboratorio conduciendo a igniciones repentinas que se han propagado a lo largo de la extensión del film. Este efecto podría producirse en los puntos singulares del panel (como por ejemplo rotura de paneles, pases, etc.) que es donde existe mayor riesgo que queden restos de estos materiales de protección. Se recomienda siempre retirar el film protector.



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 y los permisos de trabajos correspondientes. Seguramente, proporcionará accesorios específicos para no poner en riesgo el panel sándwich en caso de incendio. Puntos singulares en una instalación de paneles sándwich pueden considerárselas cumbreras, canalones, limahoyas, 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 seguir las instrucciones proporcionadas en los informes sobre el encuentro llevado a cabo en los ensayos para no correr el riesgo de plantar 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.

### 13.2 • Identificación de los paneles sándwich (labeling)

Para lograr una correcta identificación del panel, deberán contener etiquetas identificativas visibles y accesibles. Esto proporcionará un conocimiento sobre prestaciones y características del panel, evitando así confusiones.

La identificación deberá contener como mínimo la siguiente identificación

- Fabricante
- Tipo de aislante
- Espesor del panel
- Tipo de junta
- Lote
- Clasificación al fuego



### 13.3 • Transporte y manipulación

El transporte de los paneles como cualquier otro producto, se tiene que 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 deberían ser seguros y homologados.

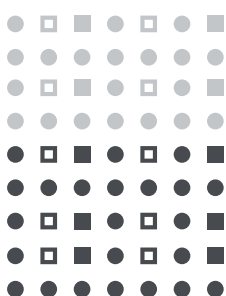
Los paneles sándwich estarán empaquetados y protegidos por cantoneras metálicas y tacos de madera. Los paquetes no deben apilarse uno encima de otros.



Además, deben reposar bien en plano o con una ligera inclinación y sin estar en contacto directo con el terreno.

El almacenamiento deberá ser indicado por el fabricante, además se deberá evitar la exposición al agua.

### 13.4 • Panel sándwich como producto



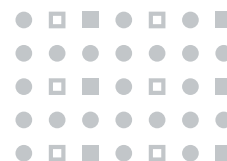
Tomando como referencia el panel, se debe analizar si el diseño de junta proporciona la robustez y la fiabilidad para soportar durante el mayor tiempo posible el efecto térmico que se produce en las primeras fases de un incendio y que provoca la apertura de la junta. Además, es recomendable retirar el 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 puede 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 adecuada según normativa nacional y/o internacional, asegurándose que el panel entregado se corresponde con el contenido en los informes de fuego, verificando no solo la marca comercial sino también en los parámetros contemplados en la clasificación.

### 13.5 • Riesgos generales en el uso de los Paneles 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 (números y separación de las fijaciones, diseño de las juntas, etc.) y los productos cubiertos por una clasificación (espesor de los paramentos metálicos, marcas comerciales, tipos de junta permitidas, cantidad de adhesivo, densidades de los núcleos aislante, espesor del panel, etc.).
- Evitar que los núcleos aislantes puedan quedar expuestos.
- Realizar visitas periódicas para controlar 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 estos están protegidos adecuadamente o presentan una resistencia al fuego. En 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.

### 13.6 • Buenas prácticas durante la instalación

Aspectos a tener en cuenta 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, sino 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 pre lacado 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 condensaciones 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.

### 13.7 • Penetraciones sobre el panel sándwich

La situación ideal sería no realizar ningún tipo de actuación sobre el sistema ya instalado y así mantener la estructura inicial intacta, tanto en paramentos como en juntas. Pero la realidad en numerosas circunstancias es que es necesario hacer pasar por los paneles instalaciones de servicios o bien se producen accidentes como por ejemplo daños debido a los montacargas. Por ello se debe atender a estos casos y proporcionar soluciones adecuadas y que estas 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 tienen como objetivo minimizar el riesgo de incendio cuando se realizan penetraciones sobre los paneles sándwich.

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

Si esto no es posible, cualquier hueco debería ser protegido del fuego adecuadamente, teniendo en cuenta la reglamentación vigente que sea aplicable al recinto.

#### • 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 300 mm x 300 mm)

Para las pequeñas penetraciones o aberturas (como, por ejemplo: tubos, cables, etc.) con unas medidas

inferiores a 300mm x 300mm, las cavidades de paneles perfilados deben ser rellenados con aislamiento o componentes no combustibles, o resistentes al fuego.

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

El aislamiento no combustible o el resistente al fuego deben 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 300 mm x 300 mm

Para las penetraciones mayores a 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 resistencia que la exigible al cerramiento en caso que se utilice con fines de compartimentación, con un mínimo de 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 resistencia 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:

- Ladrillos / bolsas intumescentes
- Morteros
- Collarines
- Sistema de sellado
- Relleno con materiales no combustibles recubiertos con material intumescente



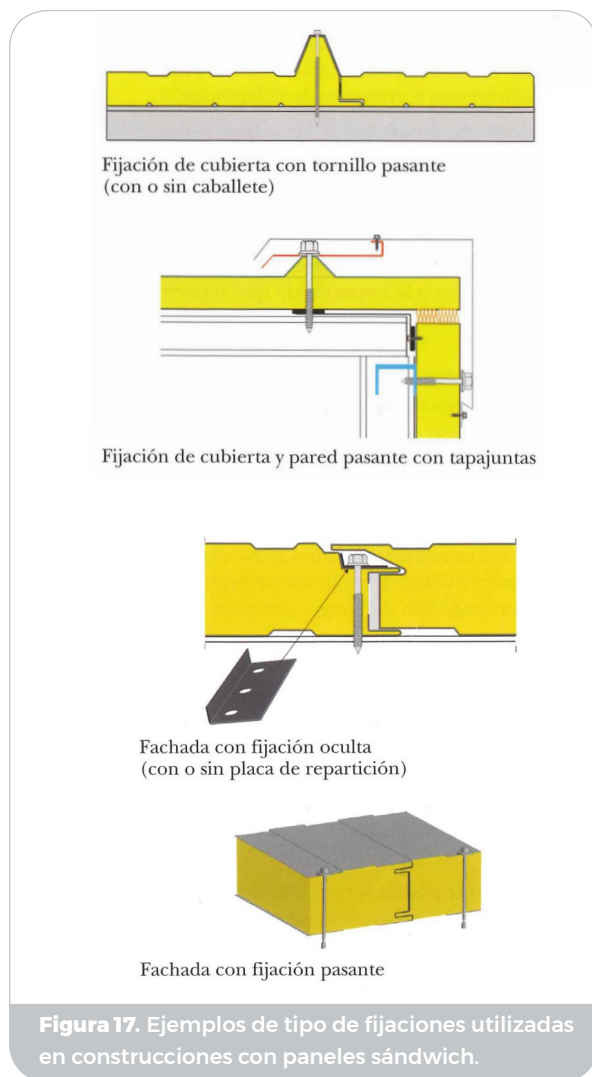
## 13.8 • Fijaciones

La fijación de los paneles debe realizarse con un par de apriete adecuado y usando placas repartidas donde se considere 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.

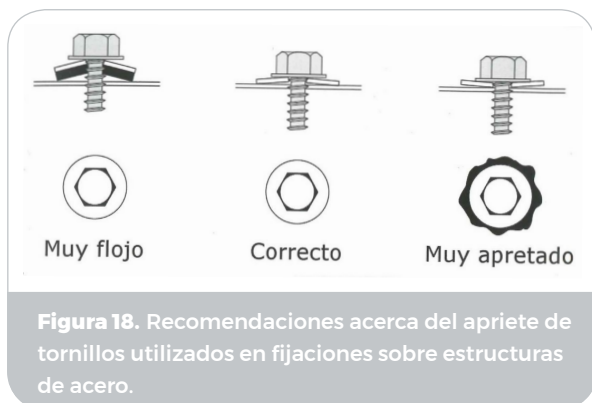
Las fijaciones sobre la estructura en paneles exteriores es adecuado practicarlas con soportes elastoméricos o de neopreno. En este punto es importante aclarar que estos soportes no serían los mismos que se emplean para garantizar la estanquidad y que se emplean con frecuencia en las juntas entre paneles. 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 ese motivo, es recomendable diseñar instalaciones cubiertas altas, favorecer la disipación del calor y minimizar el riesgo de aparición del flashover o incendio generalizado.

Las fijaciones pueden ser ocultas o pasantes. Se incluyen algunos ejemplos. **Figura 17.**



**Figura 17.** Ejemplos de tipo de fijaciones utilizadas en construcciones con paneles sándwich.



**Figura 18.** Recomendaciones acerca del apriete de tornillos utilizados en fijaciones sobre estructuras de acero.

### • 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 cubiertas por el valle.

Se deben evitar punzonamientos. El tornillo no debe estar demasiado apretado ni demasiado flojo. **Figura 18.**

La longitud de tornillos autotaladrantes será tal que sobresalga un hilo del soporte.

Se recomienda que los tornillos de acero cementados tengan una protección anticorrosión. En ambientes de frente marino y severos (áreas con vapores salinos como por ejemplo ambientes de salado de quesos) se recomienda el uso de fijaciones inoxidable. Pueden utilizarse caballetes.

En cámaras frigoríficas se fijan 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.

### 13.9 • 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:

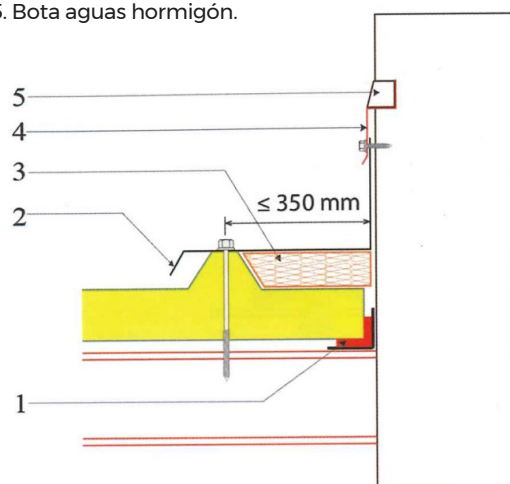
**Figura 19 a 32.**

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  $\text{m}^3 / \text{hora}$ .

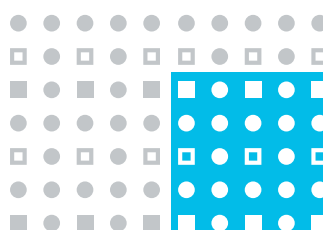
#### UNIÓN FACHADA CON PANEL DE CUBIERTA SOLUCIONES PARA LOCALES DE BAJA O DÉBIL HIGROMETRÍA

##### Leyenda:

1. Complemento de estanqueidad in-situ (Ej. Polietileno, silicona)
2. Remate de coronación del lateral de cubierta a fachada en acero 0,6 mm
3. Complemento aislante in-situ.
4. Bota agua en acero 0,6 mm.
5. Bota aguas hormigón.



**Figura 19.** Ejemplos de soluciones constructivas para locales con baja higrometría.

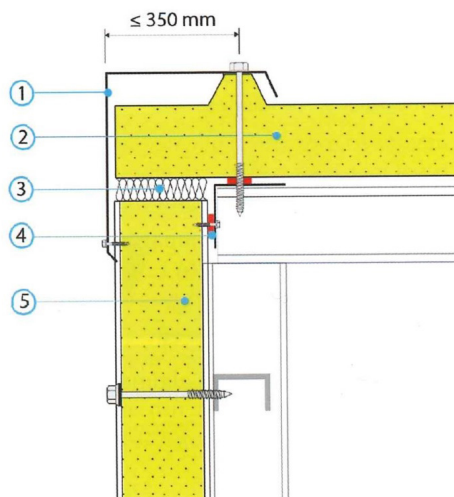




### UNIÓN FACHADA CUBIERTA (TIPO 2) SOLUCIÓN PARA LOCALES DE BAJA O DÉBIL HIGROMETRÍA

#### Leyenda:

1. Remate de coronación de lateral de pendiente a fachada en acero 0,6 mm.
2. Panel sándwich de cubierta.
3. Complemento aislante in-situ.
4. Complemento de estanqueidad in-situ (Ej. polietileno, siliconas)
5. Panel de fachada

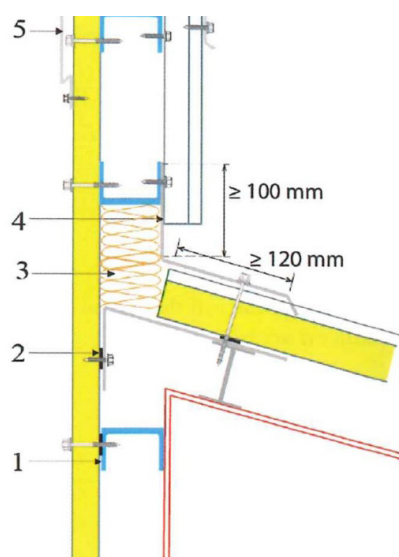


**Figura 20.** Ejemplos de soluciones constructivas para locales con baja higrometría.

### UNIÓN DE PARED CON CUBIERTA DE FUERTE PENDIENTE SOLUCIÓN PARA LOCALES DE BAJA O DÉBIL HIGROMETRÍA

#### Leyenda:

1. Correa de apoyo
2. Complemento de estanqueidad in-situ (ej. Polietileno, silicona)
3. Complemento aislante in-situ.
4. Chapa perfilada en acero 0.6 mm.
5. Remate de coronación de acero de 0.6 mm.

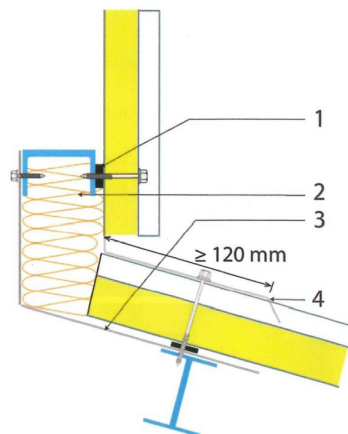


**Figura 21.** Ejemplos de soluciones constructivas para locales con baja higrometría.

### UNIÓN FACHADA A ALTO DE PENDIENTE SOLUCIÓN PARA LOCALES DE BAJA O DÉBIL HIGROMETRÍA.

#### Leyenda:

1. Complemento de estanqueidad in-situ (Ej.: polietileno, silicona)
  2. Complemento aislante in-situ.
  3. Remate ángulo exterior en acero 0.6 mm.
  4. Cumbre troquelada de unión de fachada a alto de pendiente en acero 0.6 mm.
- Pendiente mínima recomendable de la cubierta 5 %.
- Para pendientes inferiores al 7 % colocar un perfil contraperfil bajo el remate de unión de fachada a alto de pendiente.

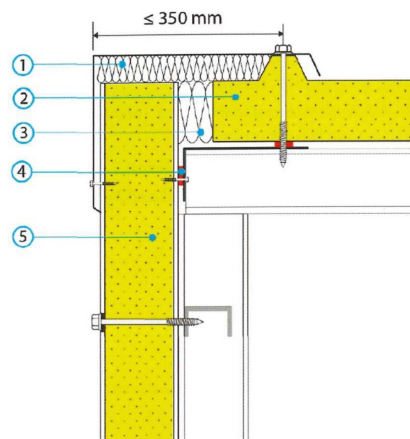


**Figura 22.** Ejemplos de soluciones constructivas para locales con baja higrometría.

### UNIÓN MURO CUBIERTA SOLUCIÓN PARA LOCALES DE BAJA O DÉBIL HIGROMETRÍA.

#### Leyenda:

1. Complemento de aislante in-situ.
2. Panel sándwich de cubierta.
3. Complemento de aislante in-situ.
4. Complemento de estanqueidad in-situ (Ej.; polietileno, silicona.)
5. Panel de fachada.
6. Remate de coronación de lateral de pendiente a fachada en acero 0.6 mm.

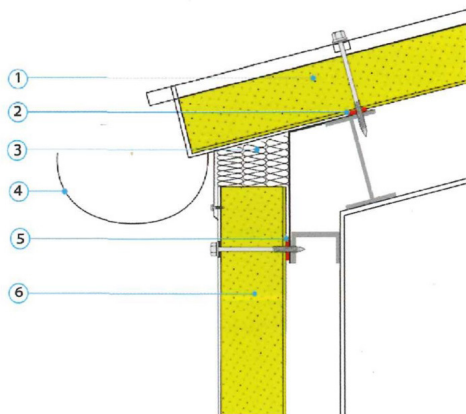


**Figura 23.** Ejemplos de soluciones constructivas para locales con baja higrometría.

### UNIÓN FACHADA CUBIERTA SOLUCIÓN PARA LOCALES DE BAJA O DÉBIL HIGROMETRÍA.

#### Leyenda:

1. Panel sándwich de cubierta.
2. Complemento de estanqueidad in-situ (Ej.; polietileno, silicona.)
3. Complemento de aislante in-situ.
4. Canalón.
5. Complemento de estanqueidad in-situ (Ej.; polietileno, silicona.)
6. Panel de fachada.
7. Remate troquelado inferior de pendiente.

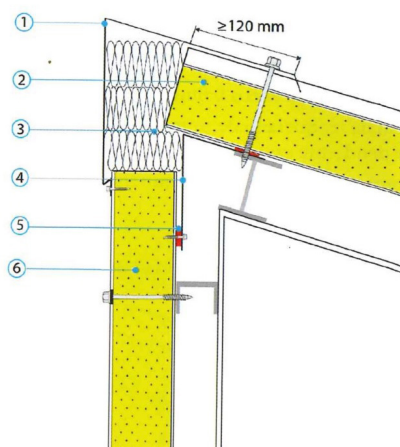


**Figura 24.** Ejemplos de soluciones constructivas para locales con baja higrometría.

### UNIÓN FACHADA CUBIERTA DE UNA PENDIENTE SOLUCIÓN PARA LOCALES DE BAJA O DÉBIL HIGROMETRÍA.

#### Leyenda:

1. Remate de coronación alto de pendiente en acero 0.6 mm.
2. Panel sándwich.
3. Complemento de estanqueidad in-situ (Ej.; polietileno, silicona.)
4. Remate ángulo interior en acero 0.6 mm.
5. Complemento de estanqueidad in-situ (Ej.; polietileno, silicona.)
6. Panel de fachada.



**Figura 25.** Ejemplos de soluciones constructivas para locales con baja higrometría.

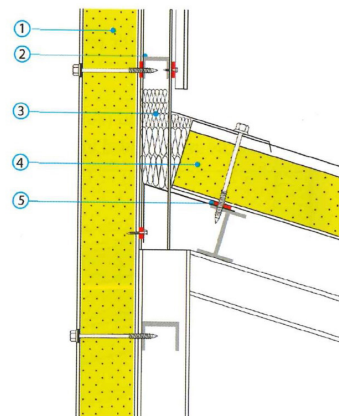




#### UNIÓN CUBIERTA SIMPLE A FACHADA. SOLUCIÓN PARA LOCALES DE BAJA O DÉBIL HIGROMETRÍA.

##### Leyenda:

1. Panel sándwich de fachada.
2. Correo apoyo.
3. Complemento aislante in-situ.
4. Panel sándwich de cubierta.
5. Complemento de estanqueidad in-situ (Ej.; polietileno, silicona.)
6. Remate troquelado de coronación a fachada a alto de pendiente en acero 0.6 mm.

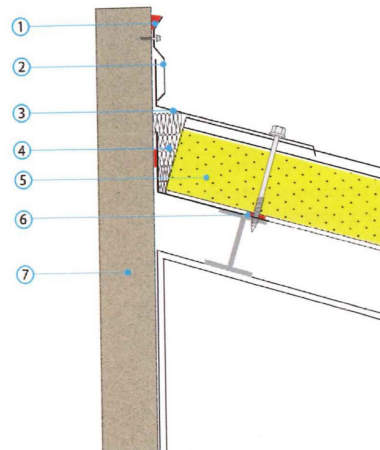


**Figura 26.** Ejemplos de soluciones constructivas para locales con baja higrometría.

#### UNIÓN CUBIERTA DE UNA PENDIENTE CONTRA MURO. SOLUCIÓN PARA LOCALES DE BAJA O DÉBIL HIGROMETRÍA.

##### Leyenda:

1. Complemento de estanqueidad in-situ (Ej.; polietileno, silicona.)
2. Bota aguas en acero 0.6 mm.
3. Remate troquelado de coronación a fachada a alto de pendiente en acero 0.6 mm.
4. Complemento aislante in-situ.
5. Panel sándwich de cubierta.
6. Complemento de estanqueidad in-situ (Ej.; polietileno, silicona.)
7. Muro.

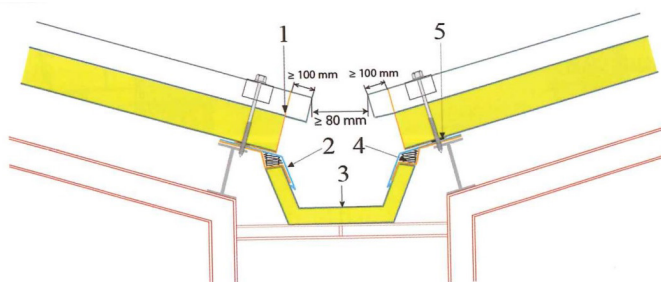


**Figura 27.** Ejemplos de soluciones constructivas para locales con baja higrometría.

#### CUBIERTA CON CANAL INTERIOR. SOLUCIÓN PARA LOCALES DE BAJA O DÉBIL HIGROMETRÍA.

##### Leyenda:

1. Remate troquelado de coronación a fachada a alto de pendiente en acero 0.6 mm.
2. Bota aguas en acero 0.6 mm.
3. Canalón aislado
4. Complemento aislante in-situ.
5. Complemento de estanqueidad in-situ (Ej.; polietileno, silicona.)



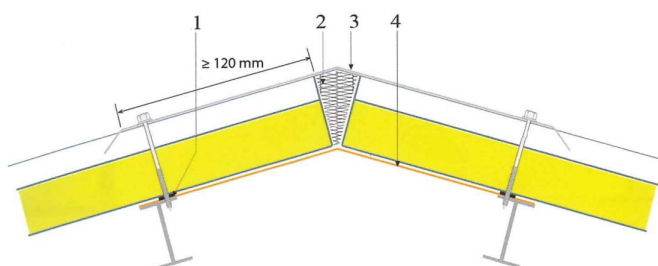
**Figura 28.** Ejemplos de soluciones constructivas para locales con baja higrometría.



UNIÓN CUMBRERA DE DOBLE PENDIENTE.  
SOLUCIÓN PARA LOCALES DE BAJA O DÉBIL HIGROMETRÍA

**Leyenda:**

1. Complemento de estanqueidad in-situ (Ej.: polietileno, silicona.)
2. Complemento aislante in-situ.
3. Cumbre troquelada de doble pendiente en acero 0,6 mm
4. Chapa bajo cumbre en acero 0,6 mm.

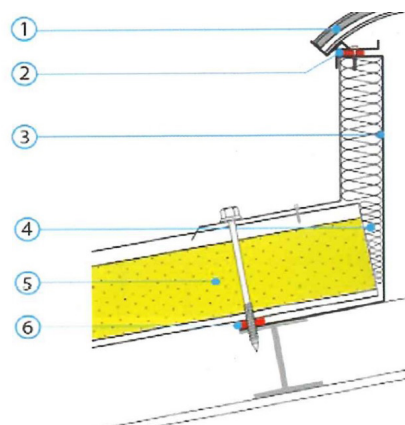


**Figura 29.** Ejemplos de soluciones constructivas para locales con baja higrometría.

UNIÓN CUBIERTA CLARABOYA EN ALTO DE PENDIENTE.  
SOLUCIÓN PARA LOCALES DE BAJA O DÉBIL HIGROMETRÍA.

**Leyenda:**

1. Claraboya
2. Complemento de estanqueidad in-situ (Ej.: polietileno, silicona.)
3. Ángulo exterior en acero 0,6 mm.
4. Complemento aislante in-situ.
5. Panel sándwich.
6. Complemento de estanqueidad in-situ (Ej.: polietileno, silicona.)

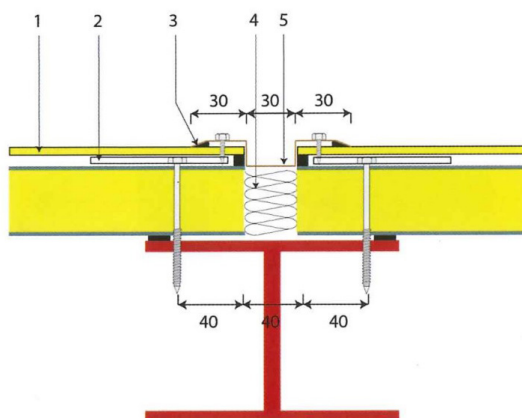


**Figura 30.** Ejemplos de soluciones constructivas para locales con baja higrometría.

PANEL DE FACHADA MONTAJE HORIZONTAL.  
SOLUCIÓN PARA LOCALES DE BAJA O DÉBIL HIGROMETRÍA.

**Leyenda:**

1. Panel de fachada con fijación oculta.
2. Placa de repartición (si procede)
3. Complemento de estanqueidad in-situ (Ej.: polietileno, silicona.)
4. Complemento aislante in-situ.
5. Remate perfil omega en acero 0,6mm.



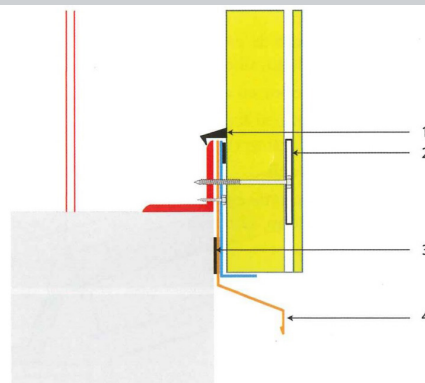
**Figura 31.** Ejemplos de soluciones constructivas para locales con baja higrometría.



PANEL DE FACHADA MONTAJE VERTICAL. (INFERIOR FACHADA)  
SOLUCIÓN PARA LOCALES DE BAJA O DÉBIL HIGROMETRÍA.

**Leyenda:**

1. Complemento de estanqueidad in-situ (Ej.: polietileno, silicona.)
2. Placa de repartición (si procede)
3. Complemento de estanqueidad in-situ (Ej.: polietileno, silicona.)
4. Bota aguas en acero 0.6 mm.

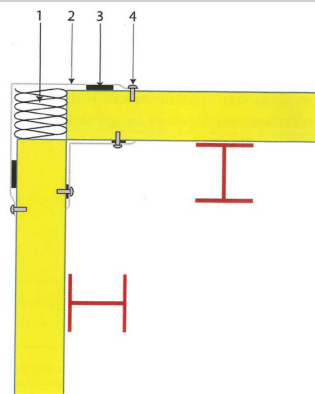


**Figura 32.** Ejemplos de soluciones constructivas para locales con baja higrometría.

PANEL DE FACHADA MONTAJE HORIZONTAL. (ENCUENTRO ÁNGULO EXTERIOR)  
SOLUCIÓN PARA LOCALES DE FUERTE HIGROMETRÍA.

**Leyenda:**

1. Complemento de aislante in-situ.
2. Remate ángulo exterior en acero 0,6 mm.
3. Complemento de estanqueidad in-situ (Ej.: polietileno, silicona.)
4. Remache.

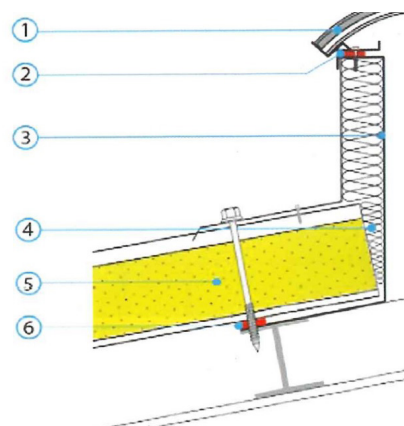


**Figura 33.** Ejemplos de soluciones constructivas para locales con fuerte higrometría.

PANEL DE FACHADA MONTAJE VERTICAL. (ENCUENTRO ÁNGULO EXTERIOR)  
SOLUCIÓN PARA LOCALES DE FUERTE HIGROMETRÍA

**Leyenda:**

1. Complemento de aislante in-situ.
2. Remate ángulo exterior en acero 0,6 mm.
3. Complemento de estanqueidad in-situ (Ej.: polietileno, silicona.)
4. Remache.



**Figura 34.** Ejemplos de soluciones constructivas para locales con fuerte higrometría.

### • 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 W / n > 2,5 g / m<sup>3</sup> siendo: **Figuras 33 y 34.**

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

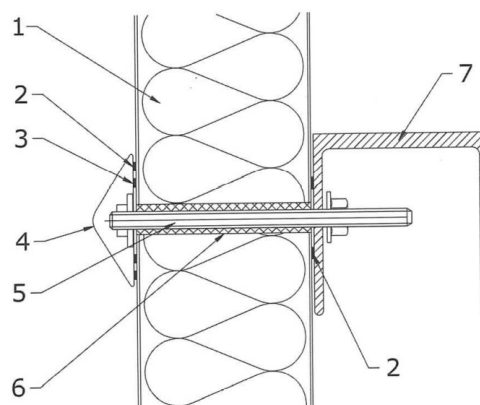
n - la cantidad de renovaciones de aire del local en m<sup>3</sup> / hora.

### • Solución para cámara frigorífica y procesos agroalimentarios

PANEL PARA CÁMARA FRIGORÍFICA Y PROCESOS AGROALIMENTARIOS.  
FIJACIÓN DIRECTA POR CHINO. (T < 0 ° C)

#### Leyenda:

1. Panel aislante
2. Complemento de estanqueidad. (silicona)
3. Complemento de estanqueidad. (butilo)
4. Chino (capuchón de PVC con rosca metálica).
5. Varilla métrica.
6. Complemento aislante in-situ. Espuma de PUR con comportamiento al fuego similar al panel).
7. Estructura metálica.

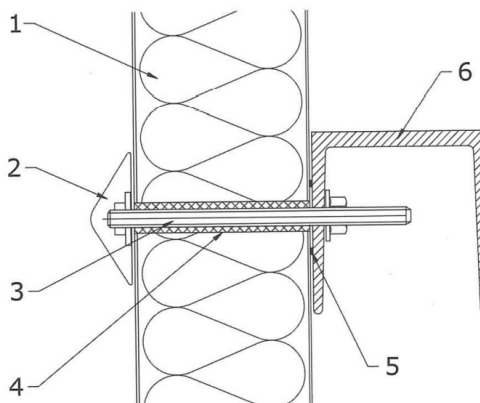


**Figura 35.** Ejemplo de soluciones constructivas para locales con baja higrometría.

PANEL PARA CÁMARA FRIGORÍFICA Y PROCESOS AGROALIMENTARIOS.  
FIJACIÓN DIRECTA POR CHINO. (T < 0 ° C)

#### Leyenda:

1. Panel aislante
2. Chino (capuchón de PVC con rosca metálica).
3. Varilla métrica
4. Complemento aislante in-situ. Espuma de PUR con comportamiento al fuego similar al panel).
5. Complemento de estanqueidad. (silicona)
6. Estructura metálica.



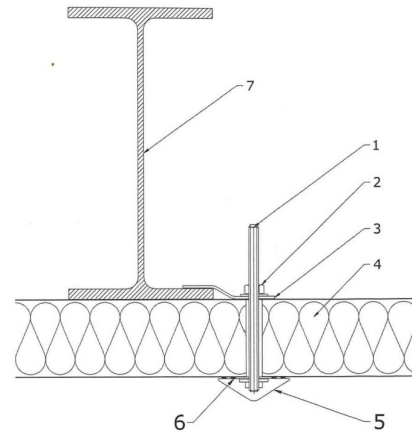
**Figura 36.** Ejemplo de soluciones constructivas para locales con regulación de temperatura.



PANEL PARA CÁMARA FRIGORÍFICA 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).
6. Complemento de estanqueidad. (silicona)
7. Estructura.

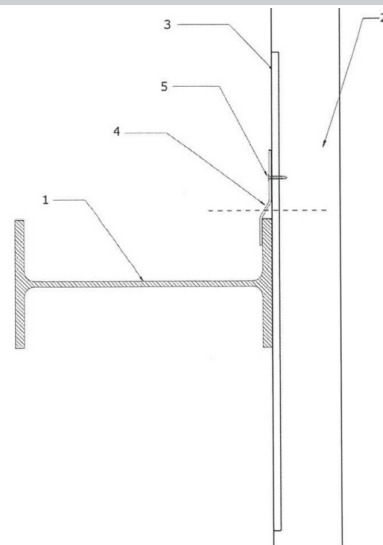


**Figura 37.** Ejemplo de soluciones constructivas para locales con regulación de temperatura.

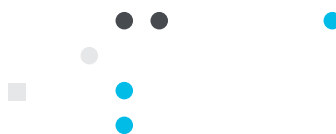
PANEL PARA CÁMARA FRIGORÍFICA Y PROCESOS AGROALIMENTARIOS ( $T^{\circ} > 0^{\circ}\text{C}$  Y  $T^{\circ} < 0^{\circ}$ )  
FIJACIÓN PANEL DE PARED Y TECHO CON GRAPA

**Leyenda:**

1. Estructura.
2. Panel
3. Refuerzo metálico (insertado)
4. Varilla métrica
5. Clamp (grapa)
6. Tornillo de fijación.



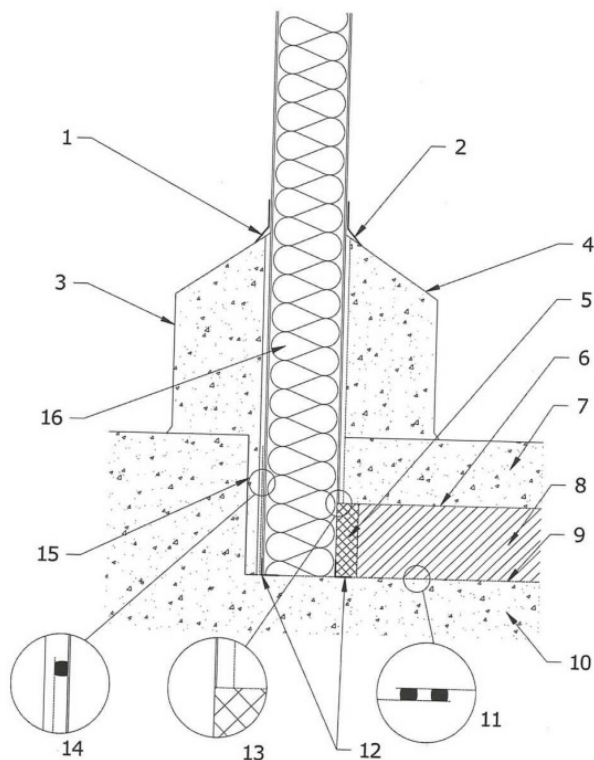
**Figura 38.** Ejemplo de soluciones constructivas para locales con regulación de temperatura.



PANEL PARA CÁMARA FRIGORÍFICA Y PROCESOS AGROALIMENTARIOS  
FIJACIÓN PANEL DE PARED Y TECHO CON GRAPA

**Leyenda:**

1. Remate bota aguas en acero 0,6 mm.
2. Remate bota aguas en acero 0,6 mm con sellado de estanqueidad.
3. Muro de hormigón
4. Muro de hormigón.
5. Complemento aislante in-situ características similares al aislamiento del suelo.
6. Barreras de vapor (film de polietileno 100µm)
7. Losa de hormigón.
8. Barrera de aislamiento.
9. Barreras de vapor (film de polietileno 200µm)
10. Sistema anticongelado.
11. Estanqueidad entre las láminas para-vapor.
12. Ángulo de apoyo en acero galvanizado.
13. Rotura de puente térmico de la chapa interior del panel a la altura del aislante de suelo.
14. Estanquidad entre el para vapor y el panel aislante.
15. Elevación del para vapor.
16. Panel sándwich.

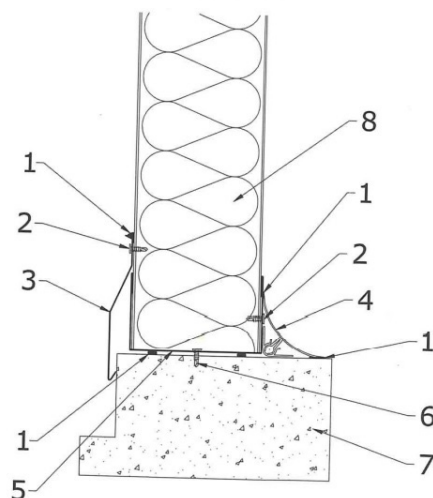


**Figura 39.** Ejemplo de soluciones constructivas para locales con regulación de temperatura.

PANEL PARA CÁMARA FRIGORÍFICA Y PROCESOS AGROALIMENTARIOS.  
ENCUENTRO PARED-SUELO(  $T^{\circ} > 0^{\circ}\text{C}$  )

**Leyenda:**

1. Complemento de estanqueidad in-situ. (Ej. silicona)
2. Tornillo de fijación.
3. Remate bota aguas en acero 0,6 mm.
4. Remate sanitario.
5. Perfil acero guía U.
6. Suelo hormigón.
7. Fijación remate U al suelo.
8. Panel sándwich aislante.



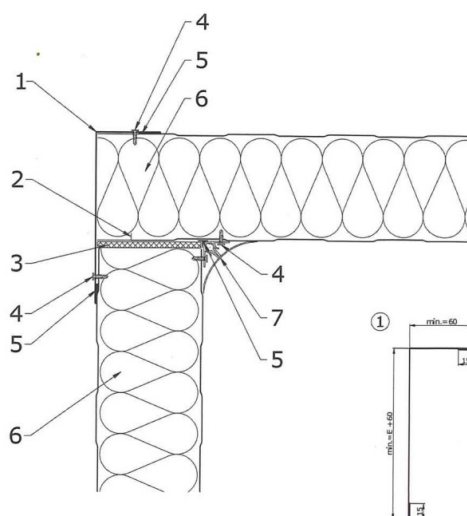
**Figura 40.** Ejemplo de soluciones constructivas para locales con regulación de temperatura.



PANEL PARA CÁMARA FRIGORÍFICA Y PROCESOS AGROALIMENTARIOS.  
ENCUENTRO PARED-PARED (  $T^{\circ} > 0^{\circ}\text{C}$  )

**Leyenda:**

1. Remate ángulo exterior en acero 0,6 mm.
2. Panel sándwich (corte en la chapa interior para rotura del puente térmico)
3. Complemento aislante in-situ de características similares al núcleo aislante del panel
4. Tornillo de fijación.
5. Complemento estanqueidad (siliconas)
6. Panel sándwich
7. Perfil sanitario de PVC.

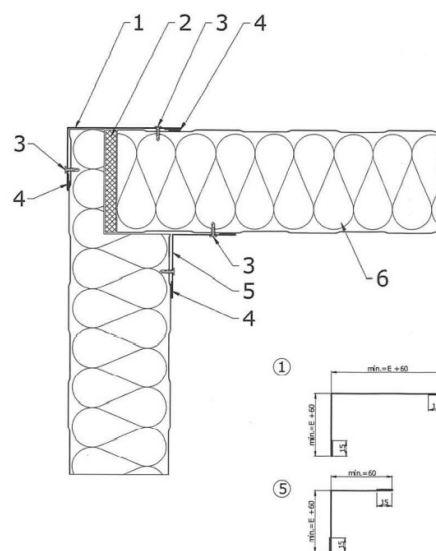


**Figura 41.** Ejemplo de soluciones constructivas para locales con regulación de temperatura.

PANEL PARA CÁMARA FRIGORÍFICA Y PROCESOS AGROALIMENTARIOS.  
ENCUENTRO PARED-PARED (  $T^{\circ} > 0^{\circ}\text{C}$  )

**Leyenda:**

1. Remate ángulo exterior en acero 0,6 mm.
2. Complemento aislante in-situ de características similares al núcleo aislante del panel
3. Tornillo de fijación.
4. Complemento estanqueidad (Ej; butilo)
5. Remate ángulo interior en acero 0,6 mm.
6. Panel sándwich



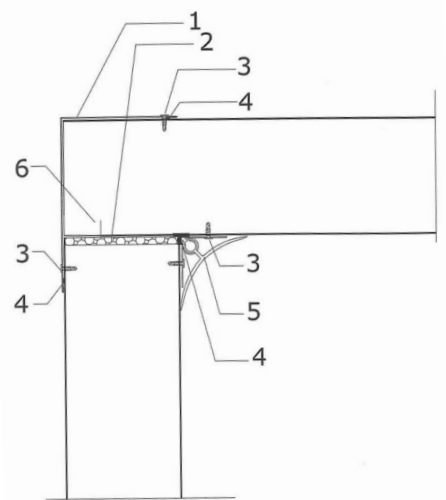
**Figura 42.** Ejemplo de soluciones constructivas para locales con regulación de temperatura.



PANEL PARA CÁMARA FRIGORÍFICA Y PROCESOS AGROALIMENTARIOS.  
ENCUENTRO PARED-TECHO (  $T^{\circ} > 0^{\circ}\text{C}$  )

**Leyenda:**

1. Remate ángulo exterior en acero 0,6 mm.
2. Complemento aislante in-situ de características similares al núcleo aislante del panel
3. Tornillo de fijación.
4. Complemento estanqueidad (Ej; silicona)
5. Perfil sanitario PVC.
6. Panel sándwich (corte en la chapa interior para rotura de puente térmico)

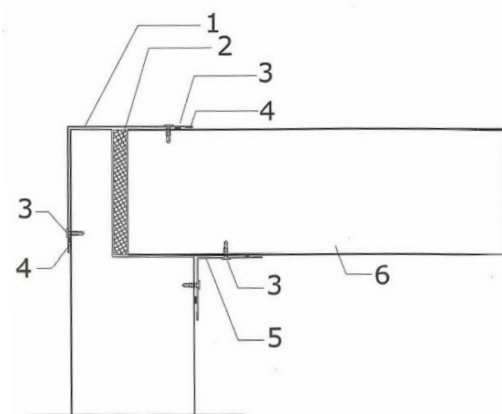


**Figura 43.** Ejemplo de soluciones constructivas para locales con regulación de temperatura.

PANEL PARA CÁMARA FRIGORÍFICA Y PROCESOS AGROALIMENTARIOS.  
ENCUENTRO PARED-TECHO (  $T^{\circ} > 0^{\circ}\text{C}$  )

**Leyenda:**

1. Remate ángulo exterior en acero 0,6 mm.
2. Complemento aislante in-situ de características similares al núcleo aislante del panel
3. Tornillo de fijación.
4. Complemento estanqueidad (Ej; silicona)
5. Perfil sanitario PVC.
6. Panel sándwich (corte en la chapa interior para rotura de puente térmico)



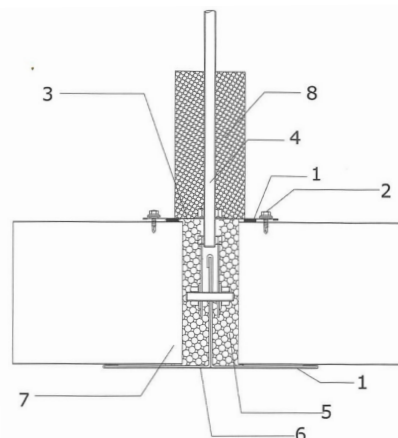
**Figura 44.** Ejemplo de soluciones constructivas para locales con regulación de temperatura.



PANEL PARA CÁMARA FRIGORÍFICA Y PROCESOS AGROALIMENTARIOS.  
SUSPENSIÓN DE TECHO CON OPCIÓN T DE ACERO ( $T^{\circ} < 0^{\circ}\text{C}$ )

**Leyenda:**

1. Complemento de estanqueidad (Ej: Espuma de polietileno, silicona.)
2. Tornillo de fijación.
3. Remate pletina en acero 0,6 mm.
4. Varilla rosca métrica.
5. Complemento aislante in-situ de características similares al núcleo aislante del panel
6. Perfil T (acero)
7. Panel sándwich
8. Protección aislante

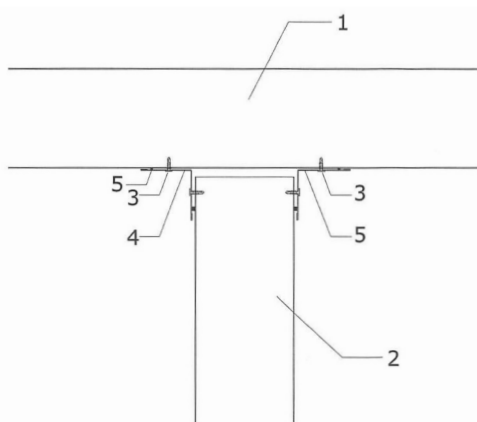


**Figura 45.** Ejemplo de soluciones constructivas para locales con regulación de temperatura.

PANEL PARA CÁMARA FRIGORÍFICA Y PROCESOS AGROALIMENTARIOS.  
ENCUENTRO PARED TECHO  
(TECHO CONTINUO)

**Leyenda:**

1. Panel aislante (techo)
2. Panel aislante (pared)
3. Tornillo fijación
4. Complemento de estanqueidad in-situ (ej; silicona)
5. Remate de acero ángulo interior espesor mínimo 0,6mm.

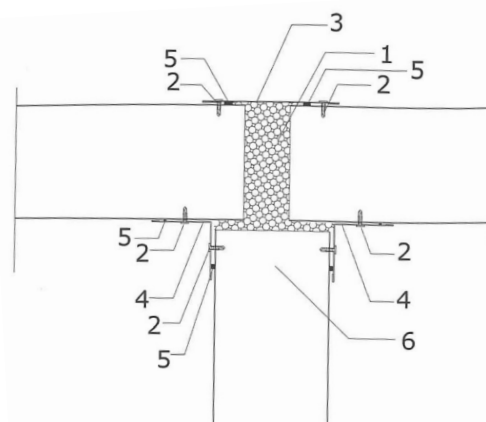


**Figura 46.** Ejemplo de soluciones constructivas para locales con regulación de temperatura.

PANEL PARA CÁMARA FRIGORÍFICA Y PROCESOS AGROALIMENTARIOS.  
ENCUENTRO PARED TECHO  
(TECHO DISCONTINUO)

**Leyenda:**

1. Complemento aislante in-situ de características similares al núcleo aislante del panel
2. Tornillo fijación
3. Remate tapa junta en acero 0,6 mm.
4. Remate de acero ángulo interior espesor mínimo 0,6mm.
5. Complemento de estanqueidad in-situ (ej; silicona)
6. Panel aislante



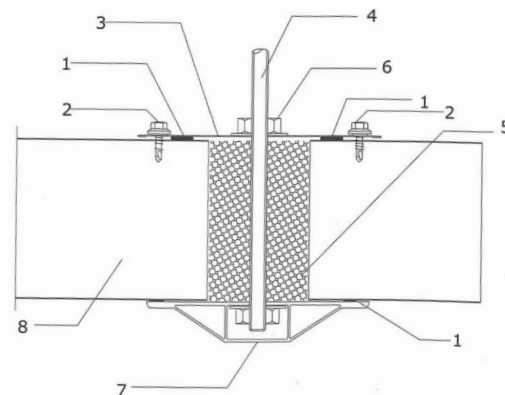
**Figura 47.** Ejemplo de soluciones constructivas para locales con regulación de temperatura.



PANEL PARA CÁMARA FRIGORÍFICA Y PROCESOS AGROALIMENTARIOS.  
SUSPENSIÓN DE TECHO  $T^{\circ} > 0^{\circ}\text{C}$  CON OPCIÓN T DE ALUMINIO.

**Leyenda:**

1. Complemento de estanqueidad (ej; silicona)
2. Tornillo fijación
3. Remate pletina en acero 0,6 mm.
4. Varilla rosca metálica.
5. Complemento aislante in-situ de características similares al núcleo aislante del panel
6. Tuerca.
7. Perfil T (aluminio)
8. Panel sándwich.

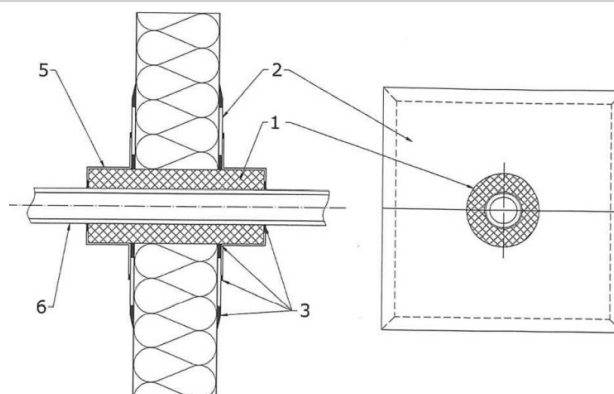


**Figura 48.** Ejemplo de soluciones constructivas para locales con regulación de temperatura.

PANEL PARA CÁMARA FRIGORÍFICA Y PROCESOS AGROALIMENTARIOS.  
PASO DE TUBERÍAS.

**Leyenda:**

1. Aislamiento in-situ de características adecuadas a la naturaleza de la tubería. Debe prolongarse unos cm a continuación del paramento. En caso de tuberías calientes debe utilizarse un aislante incombustible de resistencia superior a la temperatura del fluido.
2. Pletina de acero de espesor mínimo de 0,6 mm. En dos mitades.
3. Complemento de estanqueidad in-situ (Ej.: siliconas)
4. Tubería.

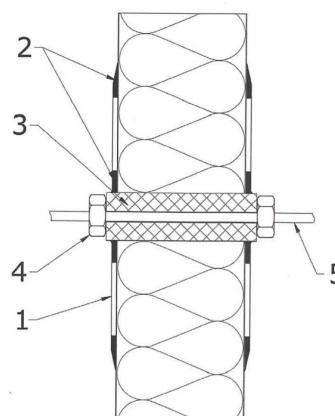


**Figura 49.** Ejemplo de soluciones constructivas para locales con regulación de temperatura.

PANEL PARA CÁMARA FRIGORÍFICA Y PROCESOS AGROALIMENTARIOS.  
PASOS DE CABLES

**Leyenda:**

1. Pletina de acero de espesor mínimo de 0,6 mm. En dos mitades
2. Complemento de estanqueidad in-situ (ej; silicona)
3. Manguera no propagadora de llama.
4. Prensa estopa.
5. Cable eléctrico.



**Figura 50.** Ejemplo de soluciones constructivas para locales con regulación de temperatura



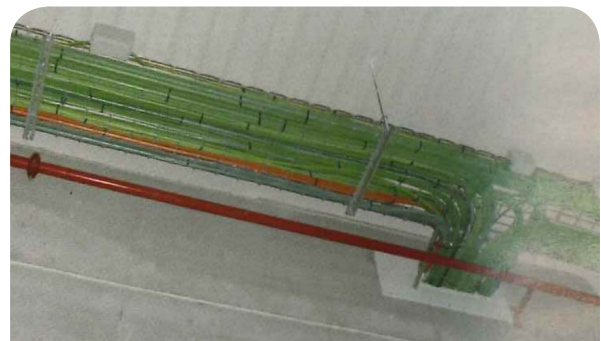
# 14

## Ejemplos de usos de paneles sándwich en la industria

Se adjunta a modo de ejemplo fotografías con penetraciones protegidas con alguno de los sistemas: **Figuras 51 a 60.**



**Figura 51.** Compuerta de paso de panel.



**Figura 52.** Paso de conductores eléctricos.



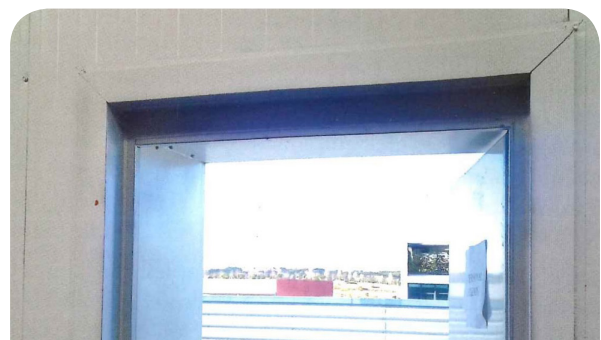
**Figura 53.** Paso de conductos a través de paneles con collarín.



**Figura 54.** Paso de conductos a través de paneles.



**Figura 55.** Paso de instalaciones.



**Figura 56.** Paso de puerta.



**Figura 57.** Protección de encuentro entre panel y hormigón.



**Figura 58.** Sellado de encuentro en la base.



**Figura 59.** Sellado de encuentro entre paneles.



**Figura 60.** Terminación del panel.

A pesar que las soluciones 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 dispondrá el panel antes de la modificación.

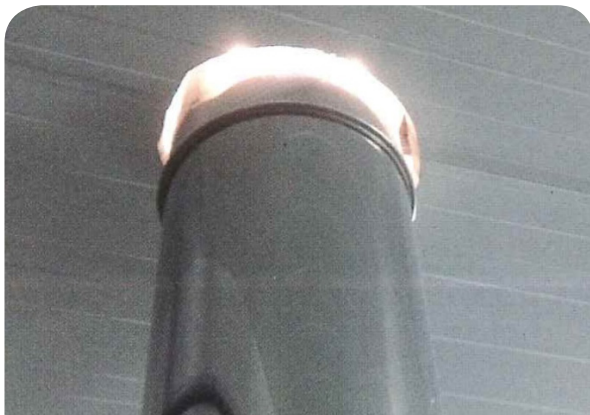




# 15

## Malas prácticas

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



**Figura 61.** Penetración no sellada en panel sándwich.



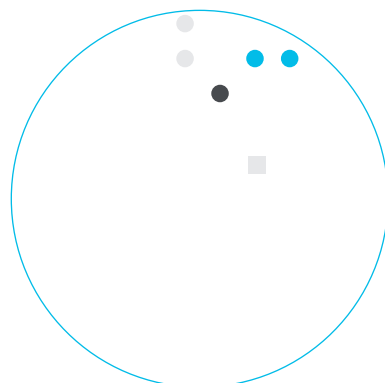
**Figura 62.** Sellado de penetración en panel sándwich ejecutado a base de espuma de poliuretano y planchas de poliestireno.



**Figura 63.** Panel sándwich que ha sido golpeado, quedando su relleno expuesto.



**Figura 64.** Penetración en un panel sándwich para paso de conductos, sellado inadecuadamente con espuma de poliuretano.





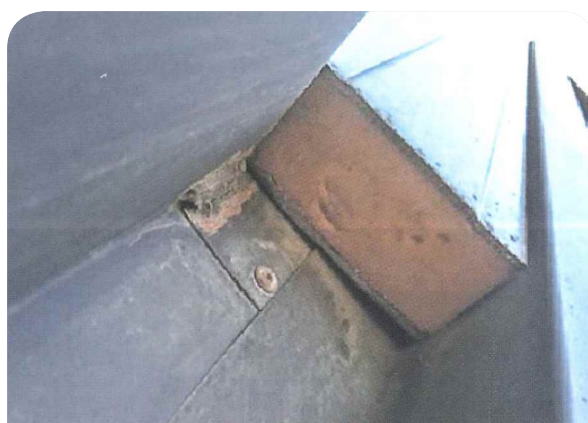
**Figura 65.** Panel sándwich utilizado para cerramiento de cubierta con el relleno expuesto.



**Figura 66.** Cerramiento ejecutado a base de paneles sándwich, cuyo encuentro en la esquina no se ha ejecutado adecuadamente.



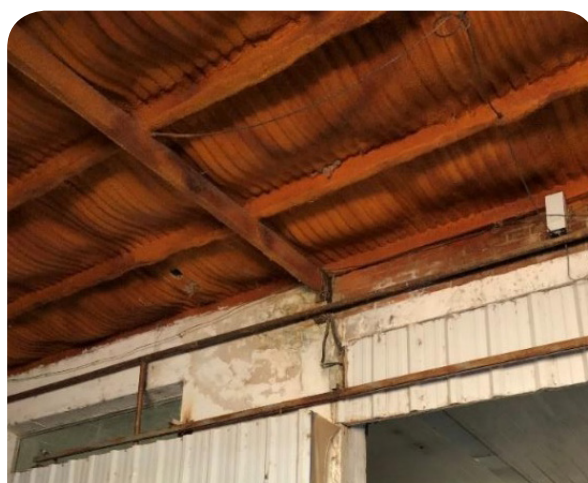
**Figura 67.** Alma a la vista y sellado deficiente.



**Figura 68.** Alma a la vista.

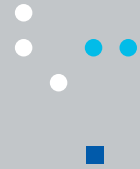
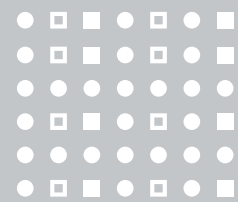


**Figura 69.** Sellado inadecuado de pase para cables.



**Figura 70.** Techos con material inflamable expuestos al igual que el relleno que los paneles.





**ANEXOS**





# 16

## Anexo 1

### 16.1 • Resistencia al fuego

La resistencia al fuego es la capacidad de un elemento constructivo (muro, tabique columna, puerta, etc.) de resistir mecánicamente al fuego, así como limitar su propagación permitiendo la intervención de los equipos de emergencias. El grado de resistencia al fuego de un producto se obtiene realizando el **ensayo de resistencia al fuego**, ejecutado en laboratorios acreditados siguiendo un método normalizado. Las evaluaciones que se realizan en el laboratorio son destructivas, el sistema se ensaya hasta que se produce la falla de alguno de estos parámetros que definen la resistencia al fuego.

En el contexto de la Seguridad Contra Incendios, un elemento constructivo es todo aquello que tiene una función determinada en la obra:

- Función portante, es decir de soporte o transmisión de carga (una viga, una columna)
- Función de sectorización o división de ambientes (una pared, un panel, una puerta, portón, un cerramiento vidriado, etc.)
- Ambas funciones, portante y de sectorización (una losa o un muro portante)

Durante el ensayo el elemento constructivo es sometido a una curva logarítmica de calentamiento temperatura-tiempo llamada curva ISO 834, que representa un incendio en una etapa generalizada en un recinto (post flashover), por eso el crecimiento de la temperatura es tan rápido y en pocos minutos se alcanzan los 800°C, **Figura 1 y 2**. Esta simulación se realiza en un horno con una boca de 3 m x 3 m, donde se monta la muestra colocada en un marco que cierra el horno.

La resistencia al fuego es un parámetro que se representa por un número, que corresponde al tiempo expresado en minutos durante el cual el elemento cumple su función durante el ensayo de resistencia según ISO 834 o en Argentina según IRAM 11950. La clasificación que alcance un producto puede ser: FR30 – FR60 – FR90 – FR120 – FR180 – FR240 minutos.



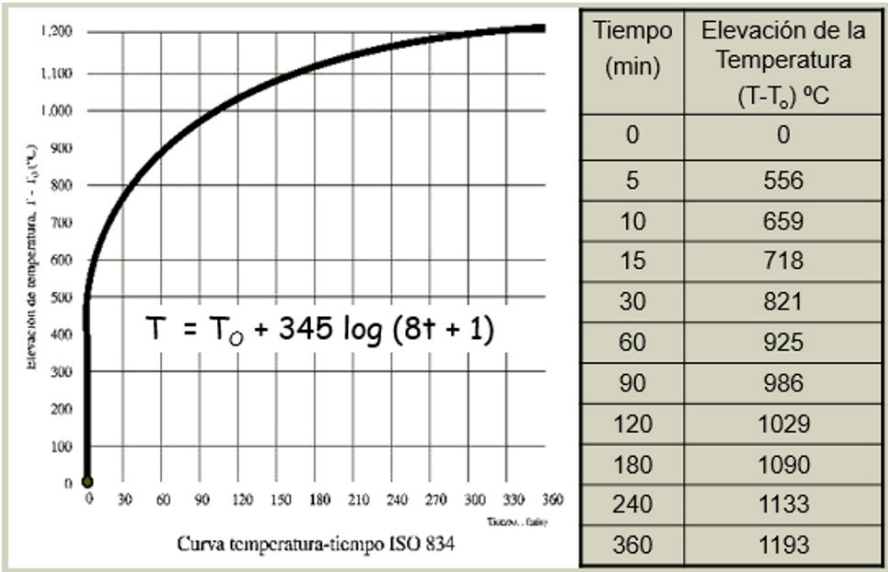


Figura 1. Curva normalizada que tiene la particularidad que está siempre creciendo y que aumenta en muy poco tiempo la temperatura del horno.

Durante el ensayo de resistencia al fuego se consideran cuatro criterios principales:

**R:** Resistencia mecánica o capacidad portante (A menudo atribuida a la estructura principal en el caso de las barreras verticales).

**E:** Estanqueidad a las llamas, así como a los gases calientes e inflamables.

**I:** Aislamiento térmico durante el incendio.

**W:** Radiación significativa de que el producto no transmite una energía susceptible de transmitir fuego.

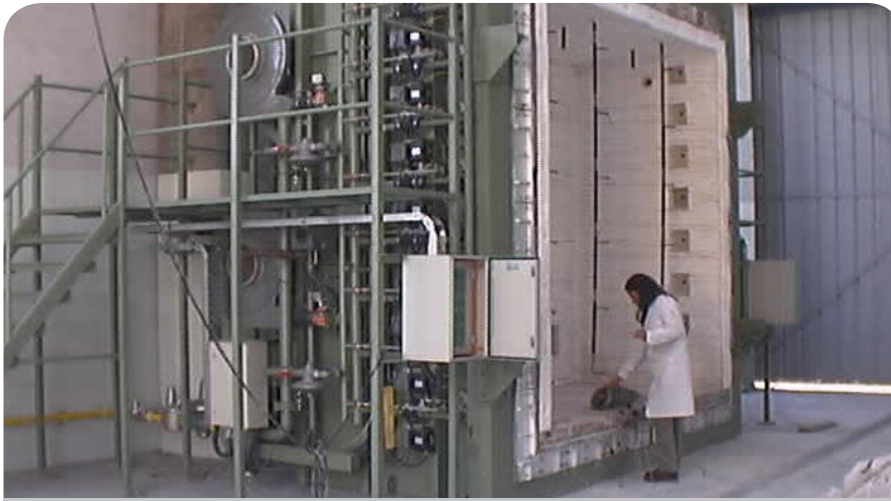


Figura 2. Horno de Resistencia al Fuego.



Estos criterios se aplican a los elementos de acuerdo a lo que corresponda por su función. Por ejemplo, a una columna o una viga, que son elementos constructivos que cumplen una función exclusivamente de soporte o transmisión de carga, solo se le va a evaluar el mantenimiento de la capacidad portante durante la situación de incendio por un tiempo determinado. En cambio, a un muro no portante o una puerta, que son elementos que cumplen una función exclusiva de sectorización, para considerarlos resistentes frente al fuego le serán exigidas las 4 propiedades.

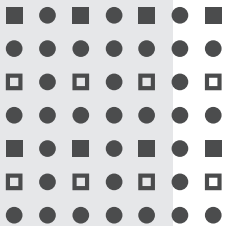
Las evaluaciones de resistencia al fuego tienen ciertas características:

- Se realizan (dentro de lo posible) con el elemento constructivo en su tamaño real.
- Se somete al elemento constructivo al sistema de sujeción y cargas que va a estar sometido en la situación real.
- Se somete al elemento constructivo a una simulación de incendio.

Los ensayos de resistencia al fuego se realizan a efectos de clasificar los elementos constructivos y poder comparar unos con otros.

## 16.2 • Divisiones Corta Fuego

Considerando que los incendios que involucran **paneles sándwich** combustibles son muy difíciles de extinguir, las divisiones cortafuego son una manera eficiente de limitar la propagación del fuego entre diferentes áreas dentro de un edificio o entre distintos edificios. Las divisiones cortafuego son requeridas para separar áreas peligrosas respecto del resto del edificio o para dividir un establecimiento en diferentes sectores de incendio. Esto ayuda a evitar una pérdida total en caso de incendio. Las divisiones cortafuego pueden considerarse como un elemento adicional, y en algunos casos especiales, son una solución alternativa a la instalación de rociadores automáticos. Sin embargo, para que sean efectivas deben construirse de acuerdo a normas y estándares reconocidos y ser indefectiblemente Resistentes al fuego.



## 17

## Anexo 2

### 17.1 • Análisis de la Normativa para paneles Sándwich

Uno de los objetivos de la Seguridad Contra Incendios (SCI) es estudiar el desempeño en un incendio de los materiales (aislantes combustibles) o sistemas constructivos (paneles sándwich) usados en las construcciones; identificar los riesgos de incendio asociados al uso de estos materiales y eventualmente presentar una metodología para un diseño seguro y cuantificable bajo condiciones de incendios. Para alcanzar estos objetivos se consideran una serie de metas a alcanzar:

- 1. Identificar los principales materiales de aislamiento y las tipologías de paredes utilizadas en el mercado.
- 2. Revisión del criterio de diseño de sistemas de aislamiento en edificios en la actualidad.
- 3. Revisar el desempeño frente al fuego de los materiales aislantes y directrices para el desarrollo de materiales aislantes combustibles.
- 4. Priorizar las evaluaciones de los sistemas constructivos (panel sándwich) con todos sus componentes y fijaciones. Identificar los métodos o normas inadecuadas.
- 5. Redefinición del criterio de falla basado en la caracterización del material.
- 6. Caracterización de los diferentes materiales de aislación en diferentes escalas.
- 7. Desarrollo de una metodología para el diseño de SCI de los sistemas aislantes de edificios basado en parámetros cuantificables.

A continuación, se realizó un relevamiento de normativa-tesis doctorales desarrolladas específicamente para la evaluación de los sistemas de paneles sándwich a nivel nacional e internacional. El estudio contempló ensayos pequeños a nivel laboratorio y otros a escala real demostrando así la complejidad de la evaluación de estos sistemas constructivos y la elección de un único método de ensayo. Por estos motivos no es recomendable comparar el desempeño ante el fuego entre ensayos o normas. Se recomienda considerar aquellos ensayos en donde se evalúa a los paneles sándwich como un sistema y no aquellos que evalúan solo algunos de sus componentes.

El análisis de la normativa y la documentación técnica fue realizado en el año 2018 entre el Dr José Torero y especialistas del INTI.



NORMA/PROCEDIMIENTO/DOCUMENTOS	ORIGEN
<b>IRAM 1900 (2003):</b> Paneles aislantes térmicos estructurales revestidos con chapas de acero – Con núcleos de espuma rígida de poliuretano, de espuma rígida de poliestireno expandido y de lana mineral (de roca o de vidrio). Requisitos generales	Argentina
<b>ISO 13784 -1:</b> Ensayo de Reacción al fuego para sistemas constructivos de paneles sándwich para edificación - Parte 1: Ensayo de habitación pequeña	Internacional
<b>ISO 13784 -2:</b> Ensayo de Reacción al fuego para sistemas constructivos de paneles sándwich para edificación. Parte 2: Método de ensayo para grandes habitaciones	Internacional
<b>ISO 9705 -1 (2016):</b> Ensayos de reacción al fuego – Ensayos de esquina para productos de revestimiento de paredes y cielorrasos - Parte 1: Método de ensayo para configuración de una pequeña habitación	Internacional
<b>ISO 9705 -2 (2001):</b> Ensayos de reacción al fuego – Ensayo a gran escala de habitación para productos de revestimiento superficial - Parte 2: Antecedentes técnicos y orientación	Internacional
<b>Loss Prevention Standard LPS 1181 -1 (2014):</b> Series de ensayos de crecimiento del fuego para la aprobación de LPCB y el listado de sistemas de productos de la construcción – Parte 1: Requerimientos y ensayos para sistemas de revestimientos y paneles sándwich para uso como envolvente exterior de los edificios	Reino Unido
<b>Loss Prevention Standard LPS 1181 -2 (2014):</b> Series de ensayos de crecimiento del fuego para la aprobación de LPCB y el listado de sistemas de productos de la construcción – Parte 2: Requerimientos y ensayos para sistemas de tabiques y paneles sándwich interiores de los edificios	Reino Unido
<b>FM 4471:</b> Clasificación ante el fuego Clase 1 de paneles de Techo	Estados Unidos
<b>FM 4880:</b> Clasificación ante el fuego Clase 1 de paneles o materiales de revestimiento interior	Estados Unidos
<b>FM 4881:</b> Sistemas de paredes exteriores Clase 1	Estados Unidos
Performance-Based Methodology for the Fire Safe Design of Insulation Materials in Energy Efficient Buildings - 2015	Juan P. Hidalgo Medina -University of Edinburgh
Development and Application of a Novel Test Method for Studying the Fire Behaviour of CFRP Prestressed Concrete Structural - 2014	Cristian Maluk -University of Edinburgh
FM Global – Turning the corner on Wall testing	FM Approvals
A novel test method for materials and structures in fire	Cristian Maluk and Luke Bisby
COMPASS – Composite superstructures for large Passenger ships	DTU Civi Engineering – Pierrick Mindykowski



En cuanto a la única norma argentina vinculada a la temática, Norma IRAM 1900 (2003), la misma refiere al comportamiento ante el fuego de los sistemas a través de la aplicación de las Normas IRAM 11910 (1994) (Parte 1, 2 y 3), IRAM 11918 (2001) y la IRAM 11950 (1996). Las primeras dos normas de reacción al fuego no son de aplicación para estos materiales compuestos y la tercera norma indicada, sólo es aplicable al caso que el panel tenga características de resistencia al fuego (en general materiales aislantes incombustibles) y no refiere al aporte del sistema al incendio (reacción al fuego del sistema). Dada la complejidad de estos sistemas constructivos aun no se cuenta con normativa específica de ensayo respecto a SCI de los paneles sándwich en Argentina.

Análisis y síntesis cronológica de las principales normas internacionales específicas para la evaluación de reacción al fuego de estos sistemas:

■ **ISO 9705 (Parte 1 y 2).** Es un ensayo de esquina en habitación. Surgió en el año 1993. El procedimiento fue diseñado para evaluar **revestimientos superficiales** de paredes o cielorrasos. Los materiales a evaluar se montan sobre una estructura soporte de la habitación (2,4 m x 3,6 m x 2,4 m de alto) que sólo tiene una puerta de vinculación con el exterior. La muestra se somete a una fuente que consiste en un quemador de propano con una potencia variable de 100 a 300 kW durante 20 minutos. La habitación incorpora una campana con una compleja instrumentación que conduce y analiza los gases que salen por la puerta de la habitación (flujo de humo, análisis de gases y densidad óptica de humos). El ensayo termina a los 20 minutos o hasta llegar al flashover. **(Figura 1 y 2).**

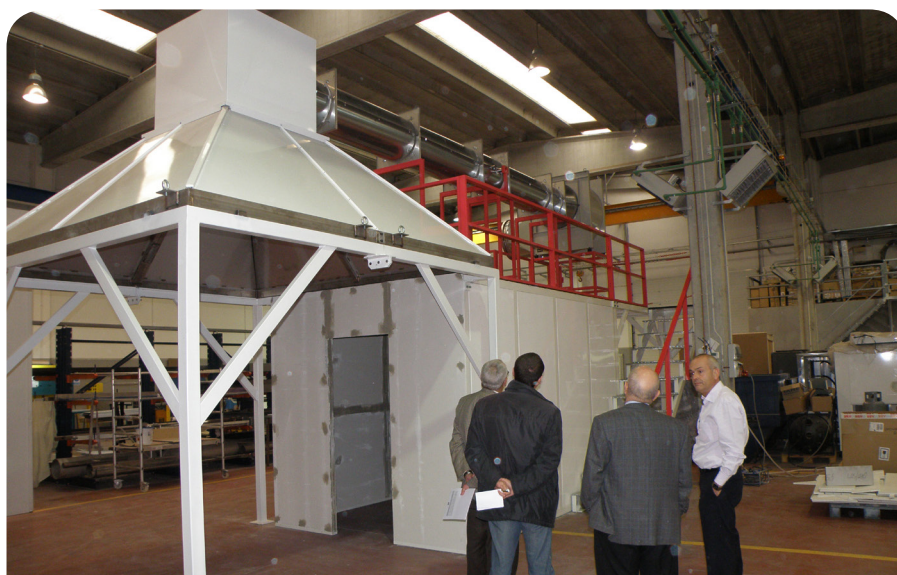


Figura 1. Instalación según ISO 9705.



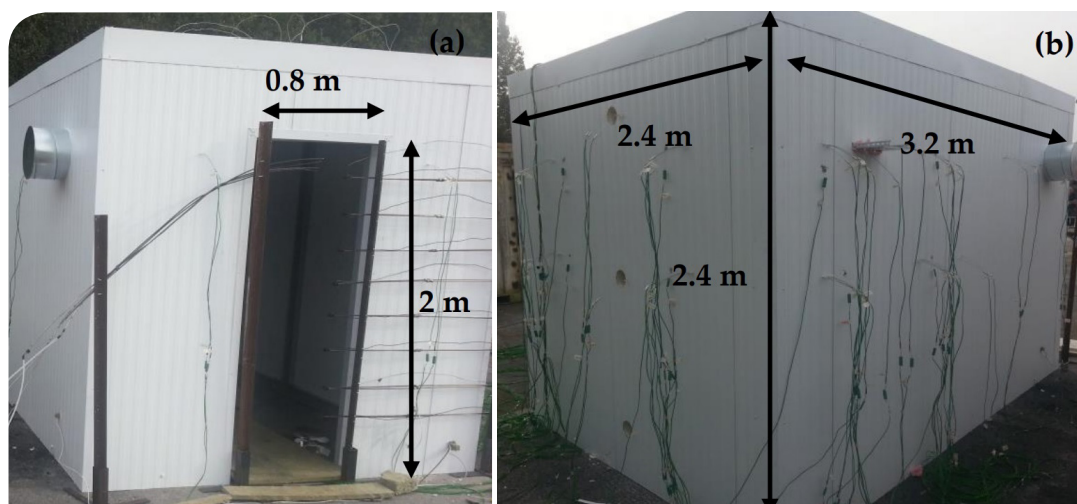
Figura 2. Instrumentación complementaria.

**Observación:** Dado que el método de evaluación establece una fijación particular de los paneles a la estructura de la habitación que no es representativa del montaje real del sistema, **el método no pone en evidencia los fenómenos mecánicos que el incendio provoca en la situación real.**

■ **ISO 13784 -1.** Surgió como una modificación de la ISO 9705, para evaluar de manera más representativa los paneles sándwich. Prevé la construcción de una habitación de las mismas dimensiones que la norma anterior, pero realizada integralmente con el sistema constructivo (no utilizando los paneles como revestimiento). El sistema respeta las condiciones reales que se emplearían en el uso final (si los paneles son de cerramiento, se instalan con la estructura en el interior y si están destinados a cámaras refrigerantes o paneles interiores, se instalan de acuerdo al caso sin estructura auxiliar o con estructura en la parte exterior. La norma posibilita incorporar la campana de evacuación y análisis de gases, pero prevé también la realización del ensayo sin considerar este análisis. La muestra se somete a una fuente que consiste en un quemador de propano con una po-



tencia variable de 100 a 300 Kw, ubicado en una esquina, durante 20 minutos (igual que la ISO 9705), pero el ensayo termina a los 30 minutos o hasta que se llega al flashover. **(Figura 3 y 4).**



**Figura 3.** Montaje de la habitación para ensayo (sin campana de colección y análisis de gases)



**Figura 4.** Habitación durante y después del ensayo.

**Observación:** El método permite evaluar adecuadamente el comportamiento real del sistema. Es un ensayo muy costoso dado que demanda de mucho instrumental, el cual solo se puede usar una vez ya que se destruye.

■ **ISO 13784 -2.** Es una modificación de la ISO 9705 pero para habitaciones más grandes. Fue desarrollada para evaluar de manera más realista los sistemas con paneles de grandes dimensiones, generalmente utilizados en cámaras frigoríficas, donde la separación de las juntas es mayor a 2,5 mm, en los que la fuente de ignición prevista en el ensayo no llegaba a afectar las mismas. Las dimensiones de la habitación a construir con el sistema son 4,8 m x 4,8 m x 4 m, con una de las cuales conforma una puerta dintel. La muestra se somete a una fuente que consiste en un quemador de propano con una potencia variable de 100 a 600 kW durante 15 minutos. El ensayo dura 30 minutos o hasta llegar al flashover.

**Figura 5.**



**Figura 5.** Habitación antes y después del ensayo.

**Observación: no hay referencias completas ni datos de la aplicación del método. La Norma no se actualizó desde el año 2001.**

■ **Loss Prevention Standard LPS 1181-1 y 2.** Este método fue propuesto inicialmente en 1999 por el Loss Prevention Certification Board para certificar los sistemas de paneles sándwich como apoyo para las compañías aseguradoras británicas. El ensayo es a escala real. Estas normas fueron implementadas por el British Research Establishment (BRE) y también utilizadas por SP (Suecia).

Ambos métodos requieren la evaluación previa del material aislante, del material de revestimiento y del sistema bajo determinada normativa, para establecer si es aplicable o no el ensayo de reacción al fuego indicado en LPS 1181-1 y 1181-2 que permitirá certificar el sistema.

La LPS 1181-1 es utilizada para sistemas de paneles envolventes exteriores de los edificios. Las dimensiones de la habitación son las siguientes: 10 m x 4,5 m x 3 m de alto. Una de las paredes de 4,5 m está constituida por una puerta dintel. La fuente de ignición es una pira de madera de 34 kg (con una potencia de 1000 kW) que se ubica en una de las esquinas opuesta a la abertura del recinto. El ensayo tiene una duración de 30 minutos o hasta alcanzar el flashover. Este método tiene una serie de criterios que los paneles deben cumplir para considerarse certificados por el LPS 1181-1 como EXT - A (si el panel es además resistente al fuego) ó EXT - B. Los criterios tienen que ver con la extensión de los daños producidos en el interior y exterior de los paneles que deben ser inspeccionados en detalle a posteriori del ensayo.

La LPS 1181-2 se utiliza para sistemas de paneles interiores. Las dimensiones de la habitación son las mismas que la parte 1. Las fuentes de ignición consideradas son 2: un quemador de propano o una pira de madera de 34 kg que se ubican en la esquina. El uso de una u otra fuente depende del panel (si es resistente al fuego o no y en qué rango de resistencia al fuego) y del grado de clasificación que se quiera obtener: INT-1, INT-2 o INT-3 La fuente del quemador (más exigente) se aplica para la clasificación INT-1. **Figura 6 y 7.**

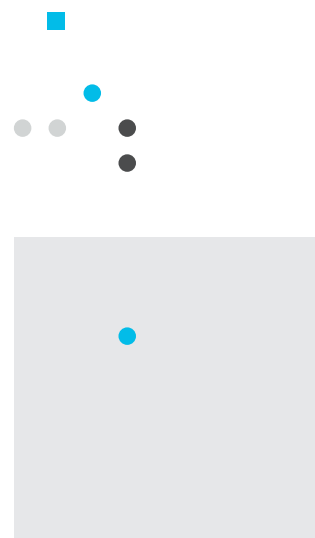






Figura 6. Habitación antes del ensayo.



Figura 7. Evaluación posterior al ensayo.

**Observación:** si bien el método está en vigencia, **el costo y la complejidad de los montajes de estas dimensiones, así como la complejidad de los criterios de evaluación, han hecho que este método no se generalice en su aplicación.**

■ **FM 4480.** Esta Norma prevé un conjunto de ensayos aplicables para la certificación de paneles de acuerdo a la tipología de los mismos. Dentro de estos ensayos se encuentran:

- a) Ensayo de habitación
- b) Caracterización de la inflamabilidad
- c) Ensayos de paneles altos paralelos
- d) Ensayo de esquina de 25 pies (7,6 m)
- e) Ensayo de esquina de 50 pies (15,2 m)

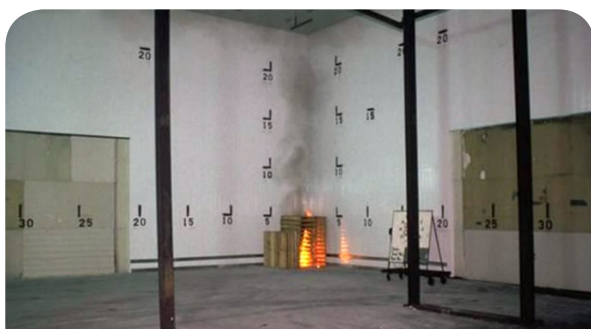


- f) Densidad del material aislante interior
- g) Densidad de los paneles plásticos o caras plásticas
- h) Características de la propagación superficial
- i) Propiedades de la ignición del material interior y de la superficie
- j) Calor de combustión del material interior y de la superficie
- k) Contenido de ceniza del material interior y de la superficie
- l) Incombustibilidad

De los requerimientos anteriores, los que se vinculan con el análisis del comportamiento conjunto del sistema son: a), c), d) y e).

El ensayo de esquina de 25 pies (d) fue propuesto por Factory Mutual en 1972, como un ensayo de esquina (abierto) de 7,6 m de alto y dos laterales de aproximadamente 15 m y 10 m, desarrollado para edificios industriales y comerciales. Una de las primeras aplicaciones fueron a paneles sándwich, pero se hicieron también ensayos para paredes con plásticos celulares proyectados expuestos. **Los ensayos a gran escala confirmaron las presunciones de que los resultados de los ensayos a pequeña escala (obtenidos en ASTM E 84) no se correspondían con el comportamiento real de los plásticos celulares en las condiciones reales de un incendio.** La fuente de ignición es una pira de madera. **Figura 8.**

El ensayo de esquina de 50 pies (e) fue propuesto por Factory Mutual en 1987, como un ensayo de esquina (abierto) de 15,2 m de alto, desarrollado para edificios industriales de gran altura que aparecieron con las formas de almacenamiento en grandes alturas. **Figura 9.**



**Figura 8.** El ensayo de esquina de 25 pies – Casi nunca se usa gracias a los ensayos de escala pequeña e intermedia



**Figura 9.** El ensayo de esquina de 50 pies para edificios de gran altura.

El ensayo de habitación (a) fue incorporado en la norma en el año 1994. Es un ensayo para paredes y cielorrasos. Si el material a certificar es un revestimiento, se ensaya de acuerdo a la ISO 9705. Si el material es un sistema de panel, se ensaya de acuerdo a la pequeña habitación de FM, cuyas dimensiones son 2,4 m x 2,4 m x 2,4 m. La fuente de ignición está constituida por una pira de madera (540 kW) que se ubica en una esquina. El ensayo tiene una duración de 15 minutos luego de los cuales deben realizarse una serie de evaluaciones (extensión de la carbonización y estabilidad estructural) para verificar si el panel puede ser clasificado.

**Figura 10.**



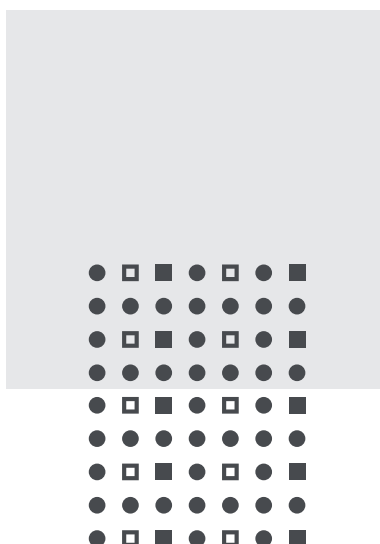
**Figura 10.** Ensayo de habitación.

El ensayo de paneles paralelos (c) fue incorporado en el año 2009. El ensayo fue considerado para poder certificar la seguridad del panel ante el fuego sin límite de altura. Se realiza con dos paneles de 4,9 m de alto entre los cuales se ubica la fuente de ignición, compuesta de un quemador de propano de 360 kW. El ensayo tiene una duración de 15 minutos.

**Observación:** Este método está en vigencia y es aplicado por FM. El costo y la complejidad del conjunto de los ensayos restringen la certificación de los sistemas a un número muy pequeño de fabricantes cuyo volumen de fabricación y venta justifica la inversión.



**Figura 11.** Ensayos de escala intermedia, de paneles paralelos (4,9 m de alto)





## 18

## Anexo 3

## 18.1 • La situación en Europa

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 usos para proporcionar resultados lo más cercanos posibles a cómo podría comportarse dicho elemento constructivo en las primeras fases del incendio. No obstante, debe tenerse en cuenta que los incendios no se pueden reproducir en un laboratorio de ensayos ya que en los mismos intervienen, como ya se ha dicho, un gran número de factores (instalación, mantenimiento real, ventilación, temperatura, condiciones, geométricas, etc.).

En la Norma UNE-EN 14509 vienen recogidas las prestaciones que deben ser satisfechas por el producto para poder disponer del marco CE. Entre las prestaciones que deben cumplir relativas a la SCI, se encuentran la reacción al fuego y/o la resistencia al fuego, las cuales se deberán justificar mediante el informe de clasificación propuesta por la unión europea, informe técnico y la documentación asociada al ensayo correspondiente.

## 18.2 • Ensayos de reacción al fuego en Europa

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 adhesivos (solo en núcleos de lana 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:

- **UNE-EN ISO 1716** "Ensayos de reacción al fuego de productos. Determinación del calor bruto de combustión (poder calorífico)" o **UNE-EN ISO 1182** "Ensayos de reacción al fuego de productos. Ensayos de combustibilidad"

■ **UNE-EN ISO 13823** "Ensayos de reacción al fuego de productos de construcción. Productos de construcción, excluyendo revestimientos de suelo, expuestos al ataque térmico provocado por un único objeto ardiendo" (Ensayo del SBI).

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

■ **UNE-EN ISO 13823** "Ensayos de reacción al fuego de productos de construcción. Productos de construcción, excluyendo revestimientos de suelo, expuestos al ataque térmico provocado por un único objeto ardiendo" (Ensayo del SBI).

■ **UNE-EN ISO 11925-2** "Ensayos de reacción al fuego de productos 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 del pequeño quemador).

Las clasificaciones habituales de reacción al fuego para los paneles sándwich disponible en el mercado europeo se muestra a continuación, en función del núcleo aislante (**Tabla 1**):

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

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 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, tanto del panel como de la espuma del núcleo.

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.





## ▪ Criterios de clasificación europeo según sea la variación del material

### 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 mayor a 5 mm, la clasificación será extensible a perfiles con mayor profundidad. En cambio, si la profundidad del perfil es menor a 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/m<sup>2</sup>, podrán ser intercambiados por otros con PCS comprendido en el rango de 0 y 4 MJ/m<sup>2</sup>. En caso contrario, solamente se podrá sustituir por revestimientos con PCS inferiores al ensayado.

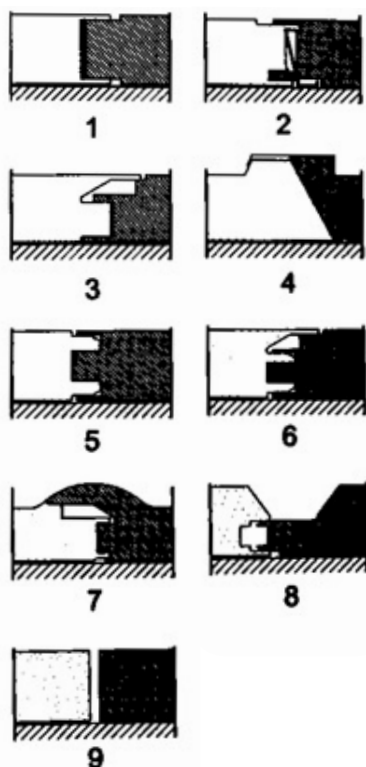
### TIPOS DE JUNTA PARA EXTENSIÓN Y RESULTADOS

La junta es uno de los puntos 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 1.**

El caso más desfavorable en caso de incendio es el tipo 9 por eso si un panel ha sido ensayado en ese tipo de junta, los resultados se podrían extender a otros paneles con juntas con mejor comportamiento. (tipo 1 a 8). En cambio, si el panel presenta las configuraciones de 1 al 8, los resultados se podrían aplicar a este grupo de juntas. Cuando se presenten juntas similares machihembradas, los resultados solamente podrán aplicar a juntas con un solape de lengüeta igual o mayor a 15 mm.

### ADHESIVO

Este caso se aplica a los paneles con núcleo aislante de lana mineral. Se tienen que considerar 2 factores. El primero de ellos sería la cantidad de adhesivo que se incorpora pudiéndose 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 Poder calorífico superior (PCS) en MJ/kg inferior al ensayado. No obstante, si varían ambos parámetros, se podría emplear adhesivo en cualquier cantidad, pero con un PCS inferior al ensayado.



**Figura 1.** Tipo de uniones entre paneles

## NÚCLEO AISLANTE

La densidad es una de las características más importantes de los materiales aislantes empleados no solo en los paneles sino en todos los productos. Por ese 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 fibras 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 de panel, pueden presentarse varios casos que deben ser conocidos para evitar errores.

- Ensayo individual: Se permite una variación de espesor de 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 deben practicar de acuerdo a las indicaciones de la norma del producto. Estos remates deben estar realizados del mismo material empleado en el panel durante 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 50 mm x 50 mm y 0,5 mm de espesor empleado en acero.

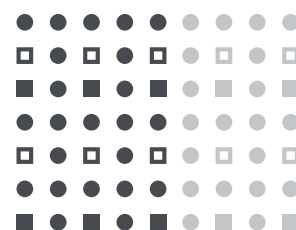
En el caso de remates plásticos, si se emplean durante el ensayo del SBI, los resultados de este ensayo serían válidos para remates del mismo material, para paneles sin remate o remates de acero.

## FIJACIONES

Otro de los aspectos que cobra una especial relevancia es el lugar donde se practican las fijaciones. En el método estándar proporcionado por las normas 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 permiten que sean del mismo tipo de sellado, pero con un PCS igual o menor.





### 18.3• Ensayos de resistencia al fuego en Europa

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 disponible en el mercado europeo se muestra a continuación, en función del núcleo aislante **Tabla 2:**

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 2.** Clasificaciones habituales de resistencia al fuego de paneles sándwich metálico con núcleo aislante de lana mineral y poliisocianurato.

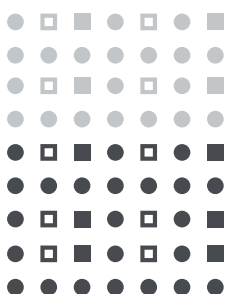
**La resistencia al fuego deberá justificarse mediante el informe de clasificación, informe técnico y la documentación asociada al ensayo correspondiente.**

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 de resistencia al fuego 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 mayor a 5 mm, la clasificación será extensible a perfiles con variaciones a un 50%. En cambio, si la profundidad del perfil es menor a 5 mm, los resultados podrían extenderse a cualquier perfil.



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

### DISEÑO DE 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 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/m<sup>2</sup>: Se pueden emplear adhesivos con  $\pm 50\%$  de la masa ensayada.
- Superior a 4 MJ/m<sup>2</sup>: Se pueden emplear adhesivos con PCS inferiores al ensayado.
- Inferior a 4 MJ/m<sup>2</sup> y superiores a 1,15 veces el PCS: En este caso se permiten adhesivos con el mismo porcentaje que el valor de PCS tomando como referencia al 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 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/m<sup>3</sup> y 150 kg/m<sup>3</sup> o densidades menores de hasta un 10%. En cambio, en los núcleos de poliuretano únicamente se permite una variación de la densidad de  $\pm 10\%$ .



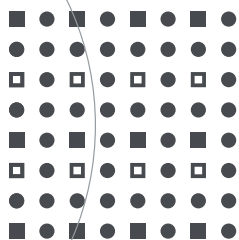
### ESPEORES DEL PANEL

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.



### ANCHO

Se permite paneles con un ancho mayor que el panel ensayado de hasta un  $\pm 20\%$ .



## SELLADOS

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

## 18.4• 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 en Europa, esta información puede estar explicitada en tres tipos de informes:

### INFORME DE ENSAYO

En este tipo de informes vendrán expresados todos los resultados que han obtenido los paneles sándwich en los ensayos tanto de reacción como de resistencia al fuego. Es importante aclarar que los resultados no serán proporcionados en un único informe, sino que cada tipo de ensayo, 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 de los sistemas sometidos a ensayos.

### INFORMES DE EXTENSIÓN DE APLICACIÓN (EXAP)

En este tipo de informes, se muestra en base a los informes de ensayo y tomando como referencia los productos y/o sistemas ensayados, la variación permitida 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 en que con la misma clasificación se puede clasificar otros productos con la variación permitida.

### INFORMES DE EXTENSIÓN 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 ensayo 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.

## 18.5• Conclusión

Los paneles sándwich son sistemas constructivos multicomponentes. Por tales motivos es necesario hacer su evaluación como sistemas con las mismas fijaciones utilizadas en la práctica y no evaluar sus componentes por separado (lo que sucede con los ensayos de reacción). Es por estos motivos que muchos investigadores descartan el ensayo de SBI en los paneles sándwich dado que brinda información parcial o acotada. Esto dio lugar a ensayos a escala real como el ISO 13784-1 o FM 4480, ambos muy costosos.

En muchas situaciones, si evaluamos los materiales por separado, puede darse el caso de utilizar materiales que tengan buena clasificación en ensayos de reacción, pero al ser integrados en un panel, el resultado del sistema puede no ser el esperado en ensayos de resistencia al fuego presentándose: abertura de juntas, delaminado de las caras metálicas, pérdida de capacidad portante, exposición del núcleo, pandeo, etc.

En este sentido Argentina no tiene normas de aplicación específica en SCI a paneles sándwich y solo cuenta con el ensayo de resistencia al fuego según IRAM 11950. En cambio, Brasil cuenta con el ensayo de SBI para evaluar reacción al fuego y un horno de resistencia.





# 19

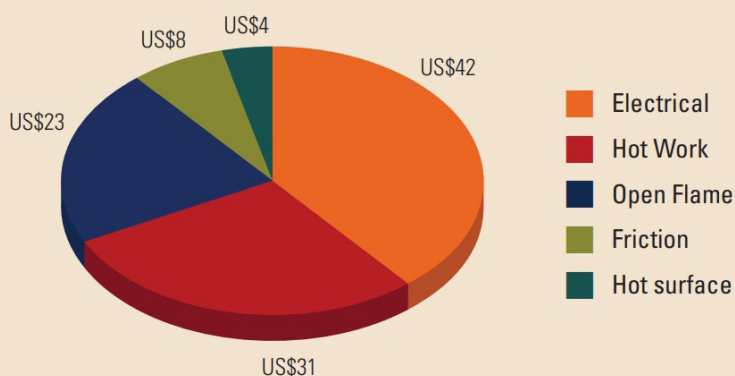
## Anexo 4

### 19.1 • Trabajos en caliente e instalaciones eléctricas

Un insuficiente mantenimiento de las instalaciones, la ausencia de medidas de prevención, fallos en instalaciones eléctricas y, sobre todo, los trabajos de reparación en edificios e instalaciones, con operaciones en caliente (soldadura, separaciones, fusiones o trabajos de sellado de cubiertas con llamas libres) así como perforaciones con calentamiento esporádico en las áreas de trabajo de los paneles sándwich, suelen ser la principal causa del inicio del incendio y del desarrollo de las primeras llamas.

FM Global entre 1998 a 2005 estudió las pérdidas ocasionadas por incendios en construcciones con paneles sándwich llegando a la conclusión que las principales causas de incendios se deben a fallas en instalaciones eléctricas y trabajos en caliente. Por esta razón estas causas deben ser analizadas al detalle en todas las construcciones con estos sistemas.

Top Five Causes of Fire (by Loss Cost)  
(US\$ IN MILLIONS)



Source: FM Global clients

### 19.2 • Trabajos en caliente

Un trabajo en caliente se puede definir como una actividad que implica la utilización de llamas abiertas, que libera calor o produce material incandescente (chispas). Esto incluye actividades como corte y soldadura, trabajos con llama abierta, afilado (amolado) así como también derretimiento mediante aplicación de calor usando sopletes (descongelación de tuberías y aplicación de revestimientos en

cubiertas, cepillado, perforado) entre otras. Dependiendo de la operación y del equipo utilizado, estos trabajos en caliente producen energía radiante, metal fundido, emanaciones y chispas, todos estos potencialmente riesgosos en términos de incendio y seguridad para la vida.

Trabajos que generan fuentes de ignición (llama directa o chispas):

- Trabajos de corte
- Trabajos de soldadura
- Trabajos de amolado
- Reparación e instalación de membranas asfálticas en techos
- Trabajos similares que produzcan chispas, llamas o calor

Las medidas que se deben seguir durante un trabajo en caliente están compiladas en un documento denominado **PERMISO de TRABAJO EN CALIENTE** que servirá como herramienta de prevención. Para su correcta utilización el personal involucrado debe ser entrenado y controlado según los lineamientos incluidos en la **Guía Técnica Procedimiento de Trabajos en Caliente del CIR** (Círculo de Ingenieros de Riesgos Buenos Aires).

Medidas de seguridad que requiere el permiso de trabajo en caliente

- Se deberán despejar todos los materiales combustibles e inflamables dentro de un radio de 11 m del punto donde se realiza el trabajo en caliente.
- Cuando no sea posible retirar los productos combustibles o inflamables en un radio de 11 m se deberán cubrir con mantas resistentes al fuego y designar un guardia de incendio durante la tarea (Fire Watch).
- Los pisos y en general todas las superficies dentro del radio de 11 m se deberán limpiar para eliminar polvo y otros combustibles acumulados.
- Se deberán cubrir y proteger todas las aberturas y grietas en paredes, pisos o ductos como drenajes o similares que puedan convertirse en un camino para transportar verticalmente material incandescente (chispas), calor o incluso llamas.



N° \_\_\_\_\_

PERMISO DE TRABAJO EN CALIENTE

Recuerde que si existe una alternativa más segura de realizar este trabajo debe optar por el mismo.  
 Antes de iniciar un trabajo en caliente asegúrese que se han tenido en cuenta las precauciones requeridas por la Guía Técnica N° 4 del CIR.

ASEGURESE DE CONTAR CON EXTINTORES PORTÁTILES EN EL ÁREA DONDE SE REALIZA EL TRABAJO

Este permiso de trabajo en caliente es requerido para cualquier operación que involucre llamas abiertas o que produzca calor y/o chispas. Estos trabajos incluyen corte, soldadura, amolado, derretimiento mediante aplicación calor (descongelación de tuberías), aplicación de revestimientos en cubiertas, etc.

Fecha: _____  Ubicación / Edificio / Sección / Piso: _____  Trabajo a realizar: _____  Hora de inicio: _____ Hora Finalización: _____	Nombre y firma del operario que realiza el trabajo (OTC):  <div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: x-small;"> <span><input type="checkbox"/> Empleado</span> <span><input type="checkbox"/> Contratista</span> </div> <p style="font-size: x-small; margin-top: 5px;">                         El IAP certifica que el área donde se realizará el trabajo ha sido examinada y se han tomado las precauciones necesarias descritas en la lista de chequeo, autorizándose el permiso para este trabajo.                     </p> Nombre y firma del individuo que autoriza el trabajo (IAP): _____
---	---

VALIDO POR UN DIA

**Responda las siguientes preguntas. En caso de una respuesta negativa (NO) se requerirá de acciones correctivas antes de iniciar el trabajo.**  
**Tenga en cuenta las siguientes precauciones:**

<table border="0"> <tr> <td style="width: 80%;">Detectores de incendio, rociadores automáticos, mangueras de incendio y extintores portátiles en servicio y operables.</td> <td style="width: 20%; text-align: right;">SI NO N/A</td> </tr> <tr> <td>Extintores portátiles disponibles en el sitio de trabajo (dentro de los 11 m).</td> <td style="text-align: right;">SI NO N/A</td> </tr> <tr> <td>Equipo para trabajo en caliente y EPP en buen estado de conservación y funcionamiento.</td> <td style="text-align: right;">SI NO N/A</td> </tr> <tr> <td>Permiso de trabajo especial para ductos metálicos o tuberías con uniones de caucho o plástico.</td> <td style="text-align: right;">SI NO N/A</td> </tr> </table> <p style="margin-top: 5px;"><b>Dentro de un radio de 11m del trabajo:</b> SI NO N/A</p> <table border="0"> <tr> <td style="width: 80%;">Humedad en los pisos combustibles. Cubralos con arena húmeda u otra protección.</td> <td style="width: 20%; text-align: right;">SI NO N/A</td> </tr> <tr> <td>Verificar que la atmósfera explosiva ha sido eliminada.</td> <td style="text-align: right;">SI NO N/A</td> </tr> <tr> <td>Elimine líquidos inflamables, polvo, fibras combustibles y derrames de aceite del suelo.</td> <td style="text-align: right;">SI NO N/A</td> </tr> <tr> <td>Cubra las penetraciones y aberturas en pisos y paredes.</td> <td style="text-align: right;">SI NO N/A</td> </tr> <tr> <td>Todos los materiales combustibles deben ser retirados o cubiertos con materiales que sean resistentes al fuego o no combustibles.</td> <td style="text-align: right;">SI NO N/A</td> </tr> <tr> <td>Los pisos deben estar limpios y libres de residuos o derrames.</td> <td style="text-align: right;">SI NO N/A</td> </tr> <tr> <td>Conductos y sistemas de transporte que puedan transportar chispas hacia otras áreas con materiales combustibles fueron protegidos o puestos fuera de servicio.</td> <td style="text-align: right;">SI NO N/A</td> </tr> </table> <p style="margin-top: 5px;"><b>Trabajos en muros y techos:</b> SI NO N/A</p> <table border="0"> <tr> <td style="width: 80%;">La construcción no contiene materiales combustibles en cubiertas o aislamientos. (para paneles sandwich responde NO y lee anexo A).</td> <td style="width: 20%; text-align: right;">SI NO N/A</td> </tr> <tr> <td>Cuando se trabaje en cielorrasos, asegúrese de que los espacios confinados circundantes estén debidamente protegidos.</td> <td style="text-align: right;">SI NO N/A</td> </tr> </table>	Detectores de incendio, rociadores automáticos, mangueras de incendio y extintores portátiles en servicio y operables.	SI NO N/A	Extintores portátiles disponibles en el sitio de trabajo (dentro de los 11 m).	SI NO N/A	Equipo para trabajo en caliente y EPP en buen estado de conservación y funcionamiento.	SI NO N/A	Permiso de trabajo especial para ductos metálicos o tuberías con uniones de caucho o plástico.	SI NO N/A	Humedad en los pisos combustibles. Cubralos con arena húmeda u otra protección.	SI NO N/A	Verificar que la atmósfera explosiva ha sido eliminada.	SI NO N/A	Elimine líquidos inflamables, polvo, fibras combustibles y derrames de aceite del suelo.	SI NO N/A	Cubra las penetraciones y aberturas en pisos y paredes.	SI NO N/A	Todos los materiales combustibles deben ser retirados o cubiertos con materiales que sean resistentes al fuego o no combustibles.	SI NO N/A	Los pisos deben estar limpios y libres de residuos o derrames.	SI NO N/A	Conductos y sistemas de transporte que puedan transportar chispas hacia otras áreas con materiales combustibles fueron protegidos o puestos fuera de servicio.	SI NO N/A	La construcción no contiene materiales combustibles en cubiertas o aislamientos. (para paneles sandwich responde NO y lee anexo A).	SI NO N/A	Cuando se trabaje en cielorrasos, asegúrese de que los espacios confinados circundantes estén debidamente protegidos.	SI NO N/A	<table border="0"> <tr> <td style="width: 80%;">Los materiales combustibles ubicados del otro lado de paredes, cielorrasos o techos que no sean resistentes al fuego deben ser retirados o supervisados por un guardia de incendio.</td> <td style="width: 20%; text-align: right;">SI NO N/A</td> </tr> </table> <p style="margin-top: 5px;"><b>Trabajos en espacios confinados:</b> SI NO N/A</p> <table border="0"> <tr> <td style="width: 80%;">El lugar debe estar libre de materiales combustibles.</td> <td style="width: 20%; text-align: right;">SI NO N/A</td> </tr> <tr> <td>Verifique que no hay vapores o líquidos inflamables.</td> <td style="text-align: right;">SI NO N/A</td> </tr> <tr> <td>Recipientes a presión, tuberías y otros equipos han sido retirados de servicio, aislados y ventilados.</td> <td style="text-align: right;">SI NO N/A</td> </tr> </table> <p style="margin-top: 5px;"><b>Guardia de incendio (Fire Watch) y monitoreo del área:</b> SI NO N/A</p> <p style="font-size: x-small; margin-top: 5px;">                         (Debe estar presente durante el trabajo y al menos 30 minutos después de finalizado el mismo - Puede requerirse de guardias de incendio adicionales en las áreas superior, inferior y adyacente al sitio donde se realiza el trabajo en caliente).                     </p> <table border="0"> <tr> <td style="width: 80%;">Deben estar presente durante el trabajo y 30 minutos después de finalizado el mismo. El personal debe estar entrenado en el uso de los equipos de trabajo en caliente y sistemas de alarma y extinción disponibles.</td> <td style="width: 20%; text-align: right;">SI NO N/A</td> </tr> <tr> <td>Provisos de extintores portátiles y mangueras de incendio listas para usar.</td> <td style="text-align: right;">SI NO N/A</td> </tr> <tr> <td>Otras precauciones adicionales</td> <td style="text-align: right;">SI NO N/A</td> </tr> </table>	Los materiales combustibles ubicados del otro lado de paredes, cielorrasos o techos que no sean resistentes al fuego deben ser retirados o supervisados por un guardia de incendio.	SI NO N/A	El lugar debe estar libre de materiales combustibles.	SI NO N/A	Verifique que no hay vapores o líquidos inflamables.	SI NO N/A	Recipientes a presión, tuberías y otros equipos han sido retirados de servicio, aislados y ventilados.	SI NO N/A	Deben estar presente durante el trabajo y 30 minutos después de finalizado el mismo. El personal debe estar entrenado en el uso de los equipos de trabajo en caliente y sistemas de alarma y extinción disponibles.	SI NO N/A	Provisos de extintores portátiles y mangueras de incendio listas para usar.	SI NO N/A	Otras precauciones adicionales	SI NO N/A
Detectores de incendio, rociadores automáticos, mangueras de incendio y extintores portátiles en servicio y operables.	SI NO N/A																																								
Extintores portátiles disponibles en el sitio de trabajo (dentro de los 11 m).	SI NO N/A																																								
Equipo para trabajo en caliente y EPP en buen estado de conservación y funcionamiento.	SI NO N/A																																								
Permiso de trabajo especial para ductos metálicos o tuberías con uniones de caucho o plástico.	SI NO N/A																																								
Humedad en los pisos combustibles. Cubralos con arena húmeda u otra protección.	SI NO N/A																																								
Verificar que la atmósfera explosiva ha sido eliminada.	SI NO N/A																																								
Elimine líquidos inflamables, polvo, fibras combustibles y derrames de aceite del suelo.	SI NO N/A																																								
Cubra las penetraciones y aberturas en pisos y paredes.	SI NO N/A																																								
Todos los materiales combustibles deben ser retirados o cubiertos con materiales que sean resistentes al fuego o no combustibles.	SI NO N/A																																								
Los pisos deben estar limpios y libres de residuos o derrames.	SI NO N/A																																								
Conductos y sistemas de transporte que puedan transportar chispas hacia otras áreas con materiales combustibles fueron protegidos o puestos fuera de servicio.	SI NO N/A																																								
La construcción no contiene materiales combustibles en cubiertas o aislamientos. (para paneles sandwich responde NO y lee anexo A).	SI NO N/A																																								
Cuando se trabaje en cielorrasos, asegúrese de que los espacios confinados circundantes estén debidamente protegidos.	SI NO N/A																																								
Los materiales combustibles ubicados del otro lado de paredes, cielorrasos o techos que no sean resistentes al fuego deben ser retirados o supervisados por un guardia de incendio.	SI NO N/A																																								
El lugar debe estar libre de materiales combustibles.	SI NO N/A																																								
Verifique que no hay vapores o líquidos inflamables.	SI NO N/A																																								
Recipientes a presión, tuberías y otros equipos han sido retirados de servicio, aislados y ventilados.	SI NO N/A																																								
Deben estar presente durante el trabajo y 30 minutos después de finalizado el mismo. El personal debe estar entrenado en el uso de los equipos de trabajo en caliente y sistemas de alarma y extinción disponibles.	SI NO N/A																																								
Provisos de extintores portátiles y mangueras de incendio listas para usar.	SI NO N/A																																								
Otras precauciones adicionales	SI NO N/A																																								

**Anexo A - Paneles Sandwich** (completar esta sección solo si la construcción donde se realizará el trabajo en caliente contiene paneles tipo sandwich)

Utilizará métodos de corte o perforación en frío en los paneles, con agujereadoras o sierras de mano de baja velocidad?	SI NO N/A
Si los paneles incluyen pasajes de cañerías o cables. Sellará con una protección metálica que cubra completamente la aislación interna?	SI NO N/A
La aislación combustible de los paneles está completamente cubierta dentro del radio de 11 m?	SI NO N/A

NOTA IMPORTANTE: Al final del trabajo, asegúrese que el material combustible no quede expuesto.

N/A: No aplica

■ Se deberá contar con extintores portátiles en el área donde se desarrollan los trabajos en caliente.

■ No se deben deshabilitar los sistemas de detección y alarma en las instalaciones. Sin embargo, se pueden cubrir o tapar TEMPORALMENTE los detectores de humo o llama en el área donde se desarrolla el trabajo en caliente para prevenir falsas alarmas, retirando las cubiertas una vez terminado el trabajo.

■ En caso de contarse con rociadores automáticos estas no pueden deshabilitarse para un trabajo en caliente. Sin embargo, se pueden cubrir las cabezas de los rociadores en el área donde se realiza el trabajo usando trapos húmedos para prevenir su activación accidental, retirándolos una vez terminado el trabajo autorizado.

## TRABAJOS EN CALIENTE EN PANELEARÍA TIPO SÁNDWICH

En función de experiencias recientes en Argentina, Latinoamérica, Europa y Estados Unidos, de grandes incendios catastróficos en edificios construidos con paneles con aislaciones internas combustibles (paneles sándwich), se debe remarcar que los trabajos en caliente no deberían realizarse en dichos elementos constructivos. Sin embargo, en el CASO EXTREMO de no disponer de alternativas y de tener que realizarlo, se tendrán en cuenta las indicaciones específicas enumeradas en la “Guía Técnica Procedimiento de Trabajos en Caliente” para ese tipo de materiales.

Para más información sobre este tema se recomienda consultar la **Guía Técnica N4 del CIR. “Procedimientos de Trabajos en Caliente”.** Diciembre 2013.

PÁGINA 98

### 19.3 • Instalaciones eléctricas

Las instalaciones eléctricas presentes en construcciones con paneles sándwich de EPS, PUR o PIR son críticas y se deben tener recaudos extras como usar selladores adecuados, evitar exposición del núcleo del panel y minimizar transferencias de calor entre la superficie del panel/elemento eléctrico. Por tales motivos es recomendable generar una separación o cámara de aire mediante espaciadores o perfiles en tableros eléctricos de potencia y comandos de luminarias.

Los cables eléctricos no deben estar en contacto con las caras de los paneles sándwich. Por lo tanto, deben ser tendidos dentro de cañerías metálicas o separados del panel. Las luminarias deberían ser del tipo colgante. Si las lámparas están embutidas debería dejarse un espacio libre entre la lámpara y la aislación combustible (la temperatura de la aislación no debería exceder los 80°C). Los cables que alimentan a los artefactos de iluminación deberían ser colocados en forma de “s” para evitar que las gotas de agua ingresen.

Estas son las distancias de separación recomendadas:

TIPO DE EQUIPAMIENTO	DISTANCIAS MÍNIMAS ENTRE EL EQUIPAMIENTO Y EL PANEL (CM.)
Cable	1
Caja eléctrica	5
Enchufe, interruptor, luces de emergencia	5
Luces laterales	5
Bandeja de cables	20
Tablero eléctrico	20
Luminarias suspendidas	20

Se recomienda que los equipos riesgosos o de alto consumo eléctrico (hornos, cargadores de baterías, equipos de aire acondicionado, etc.) se ubiquen a distancias prudenciales de los paneles ya que la aislación estaría expuesta a un sobrecalentamiento, incrementando los riesgos de incendio. De ser posible se recomienda aislar el equipo en una sala con muros resistentes al fuego. Estas son las distancias recomendadas:

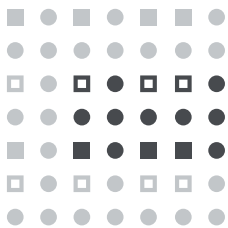
POTENCIA DEL EQUIPO (kW)	DISTANCIAS MÍNIMAS ENTRE EL EQUIPAMIENTO Y EL PANEL
≤2	20 cm.
2 a 50	80 cm.
50 a 200	1.50 m
>200	2.50 m



Los cables eléctricos que atraviesan los paneles sándwich deben 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 quede expuesto o dañado. Se recomienda realizar controles termográficos en los puntos sensibles.

En el caso de pequeñas penetraciones o aberturas (inferiores a 300mm x 300mm) como, por ejemplo, tubos, cables, etc, las cavidades de paneles perfilados deben ser rellenados con productos resistentes al fuego y se recomienda:

- Mínimo 0.12 m en la dirección paralela del perfil.
- Mínimo 1.00 m en la dirección vertical al perfil. Los productos resistentes al fuego deben tener como mínimo unas dimensiones de 1.00 m x 1.00 m en los alrededores de la penetración.





## 20

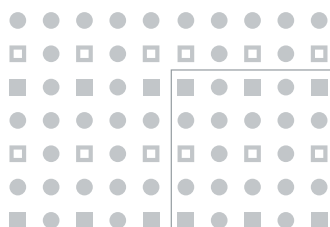
## Bibliografía

- Juan P. Hidalgo -MedinaPerformance - Based Methodology for the Fire Safe Design of Insulation Materials in Energy Efficient Buildings -2015
- Cepreven - Manual de Instalación, Mantenimiento y Verificación de Construcciones con Paneles Sándwich - 2018
- Maluk C., Bisby L., Terrasi G. (2011). Reproducing an ISO 834 Test Using Radiant Panels in a Spalling Test. Presented at the ARUP-UoE Fire Engineering Meeting, Edinburgh, UK
- C. Maluk , L. Bisby , CG. Terrasi, M. Krajcovic and J. L. Torero - NOVEL FIRE TESTING METHODOLOGY: WHY, HOW AND WHAT NOW? The BRE Centre for Fire Safety Engineering, The University of Edinburgh, UK 2 EMPA Dübendorf, Zurich, Switzerland 3 School of Civil Engineering, The University of Queensland, Australia - 2012 Hon Kong
- Nakagawa H., Kobayashi M., Suenaga T., Ouchi T., Watanabe S., and Satoyama K. (1993). Application of Three-dimensional Fabric Reinforced Concrete to Building Panels. Proceedings of the International Symposium on Fibre Reinforced Plastic Reinforcement for Concrete Structures, ACI SP-138, 211-232
- Libro blanco del poliuretano proyectado inyectado. AISLA (Asociación de Instaladores de aislamiento) 2016
- Información contenida en la página web de IPUR (Asociación de la industria del Poliuretano Rígido) 2020
- Rolf Koscharde -Método constructivo con Paneles Sándwich. HUNTSMAN - Polyurethanes 2010
- Sarah Colwell and Tony Baker-Fire performance of external insulation for walls of multistore buildings -Third Edition
- Mapfre nº 108 - Una aproximación a los paneles Sándwich- Emilio Luengo Cuadrado - UPM Thomas Jung, Munich Re George Faller - Arup Fire Europe 2007
- IRAM 1900 (2003): Paneles aislantes térmicos estructurales revestidos con chapas de acero - Con núcleos de espuma rígida de poliuretano, de espuma rígida de poliestireno expandido y de lana mineral (de roca o de vidrio) Argentina




- ISO 9705 -1 (2016): Ensayos de reacción al fuego – Ensayos de esquina para productos de revestimiento de paredes y cielorrasos - Parte 1: Método de ensayo para configuración de una pequeña habitación Internacional Anexo 1 ISO 9705 -2 (2001): Ensayos de reacción al fuego – Ensayos de esquina para productos de revestimiento de paredes y cielorrasos - Parte 2: Antecedentes técnicos y orientación Internacional
- ISO 13784 -1 (2014): Ensayo de Reacción al fuego para sistemas constructivos de paneles sándwich para edificación - Parte 1: Ensayo de habitación pequeña Internacional
- ISO 13784 -2 (2002): Ensayo de Reacción al fuego para sistemas constructivos de paneles sándwich para edificación - Parte 2: Método de ensayo para grandes habitaciones Internacional
- Loss Prevention Standard LPS 1181 -1 (2014): Series de ensayos de crecimiento del fuego para la aprobación de LPCB y el listado de sistemas de productos de la construcción – Parte 1: Requerimientos y ensayos para sistemas de revestimientos y paneles sándwich para uso como envoltorio exterior de los edificios Reino Unido
- Loss Prevention Standard LPS 1181 -2 (2014): Series de ensayos de crecimiento del fuego para la aprobación de LPCB y el listado de sistemas de productos de la construcción – Parte 2: Requerimientos y ensayos para sistemas de tabiques y paneles sándwich interiores de los edificios Reino Unido
- FMS 4471(2010): Clasificación ante el fuego Clase 1 de paneles de Techo Estados Unidos Anexo 7 FMS 4880 (2015): Clasificación ante el fuego Clase 1 de paneles o materiales de revestimiento interior Estados Unidos
- FMS 4881 (2016): Sistemas de paredes exteriores Clase 1 Estados Unidos
- FM Global – Turning the corner on Wall testing (2017) FM Approvals
- COMPASS – Composite superstructures for large Passenger ships (2016) DTU Civil Engineering – Pierrick Mindykowski
- XXIV Jornadas Internacionales - Bilbao: “La problemática del panel sándwich combustible” (Mapfre Global Risks 2015) Miguel Angel Garcimartin – Univ. Politécnica


- Cristian Maluk and Luke Bisby, - A novel test method for materials and structures in fire (2015) - University of Edinburgh
- Development and Application of a Novel Test Method for Studying the Fire Behaviour of CFRP Prestressed Concrete Structural (2014) Cristian Maluk – University of Edinburgh
- Technical Briefing: Fire Performance of Sandwich Panel Systems (2003) Association of British Insurers (ABI)
- Mark Harris—Sandwich panels. Fire testing , insurance industry demands and case studies from real fires in UK
- Ficha Técnica de mantenimiento de paneles HUURRE IBÉRICA IT-GC-163
- IRAM 11910-2/EN ISO 1182/ASTM E 136 INCOMBUSTIBILIDAD
- IRAM 11910-3/ASTM E 162- Propagación Superficial de Llama
- IRAM 11914 (ASTM E 662) Ensayo de Densidad Óptica de Humos









 INTIArg

 @INTIargentina

 INTI

 @intiargentina

 canalinti

[www.inti.gob.ar](http://www.inti.gob.ar)  
[consultas@inti.gob.ar](mailto:consultas@inti.gob.ar)  
0800 444 4004