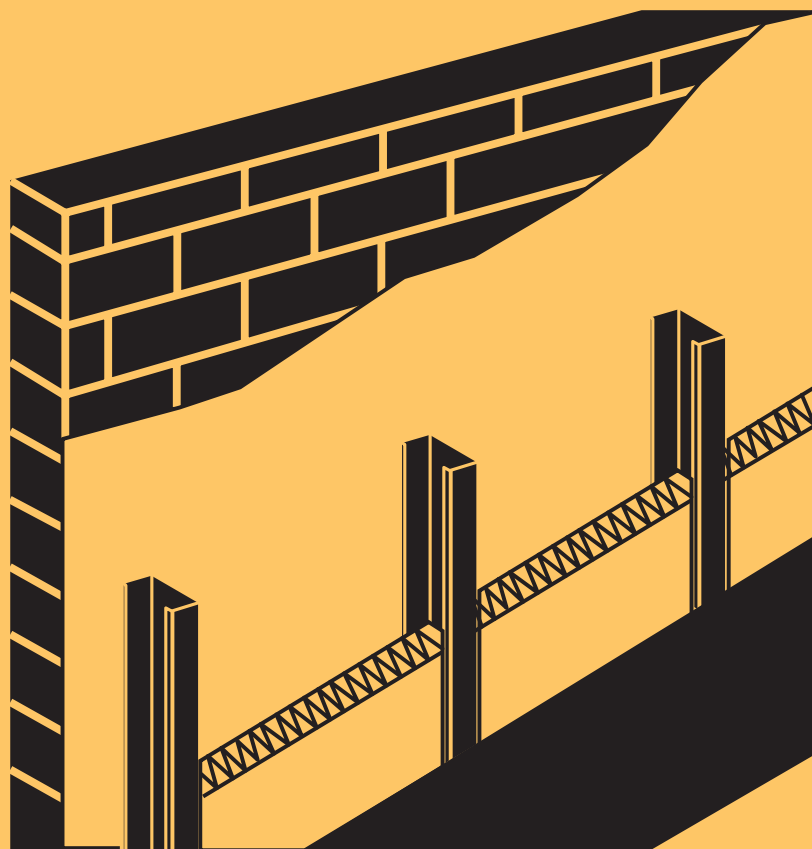


PROTECCIÓN PASIVA

1.2. Resistencia al fuego, requerimientos normativos y sectorización fija

Xavier Cemeli Duran
Arquitecte tècnic



ENGINYERS | BCN



COLLEGI D'ENGINYERS GRUATS
I ENGINYERS TÈCNICS INDUSTRIALS
DE BARCELONA

Con el soporte de:

Fire Project

Créditos

Autor:

Xavier Cemeli Duran

Coordinación:

Laia Liébana y Òscar Rosique

Revisión:

Comissió de Seguretat Contra Incendis i Emergències

Coordinación editorial:

Departament de Formació, Comunicació i Màrqueting

1ª Edición:

Septiembre de 2016

Edita:

Col·legi d'Enginyers Graduats i Enginyers Tècnics Industrials de Barcelona

Consell de Cent, 365 - 08009 Barcelona

Tel.: 934 96 14 20 - Fax: 932 15 20 81

ebcn@ebcn.cat - www.enginyersbcn.cat

Corrección y asesoramiento lingüístico:

l'Apòstrof

Diseño gráfico:

María Luque

Con el soporte de:

Fire Project

Índice

1. Objeto y alcance	5
2. Normativas de referencia	5
2.1. Clasificación de productos y elementos constructivos	5
2.2. Exigencias normativas	6
2.3. Documentos complementarios que se deben tomar en consideración	7
2.4. Normas de ensayo y clasificación	8
3. Aplicación	10
3.1. Definiciones	10
3.2. Clasificación de productos y elementos constructivos	12
3.2.1. Real Decreto 842/2013, de 31 de octubre	12
3.2.2. Bases para la clasificación de productos y elementos constructivos	20
3.3. Código Técnico de la Edificación. Documento Básico Seguridad en caso de Incendio	31
3.3.1. Propagación interior	34
3.3.2. Propagación exterior	41
3.3.3. Resistencia al fuego de la estructura	44
3.3.4. Anejos al Documento Básico Seguridad en caso de Incendio	46
3.4. Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales	46
3.4.1. Caracterización de los establecimientos industriales.	46
3.4.2. Requisitos constructivos de los establecimientos industriales	48
3.5. Justificaciones técnicas	57
3.5.1. Tiempo equivalente de exposición al fuego	58
3.5.2. Resistencia al fuego de las estructuras de hormigón armado	61
3.5.3. Resistencia al fuego de los elementos de acero	66
3.5.4. Resistencia al fuego de los elementos de fundición	68
3.5.5. Resistencia al fuego de las estructuras de madera	69
3.5.6. Resistencia al fuego de los elementos de fábrica	70
3.6. Sistemas y soluciones constructivas de compartimentación vigentes	72
3.6.1. Sistemas fijos de sectorización vertical	72
3.6.2. Sistemas fijos de sectorización horizontal	72
3.6.3. Sellado de pasos	72

4. Instalación y mantenimiento preventivo	72
4.1. Elementos portantes.	72
4.2. Elementos o partes de obra no portantes.	73
4.3. Mantenimiento.	73
4.3.1 Elementos portantes	73
4.3.2 Elementos o partes de obra no portantes	76
4.3.3 Fachadas	77
4.3.4 Cubiertas	77
5. Caso práctico	78
5.1. Introducción	78
5.2. Definición	78
5.3. Ubicación	78
5.4. Caracterización de la actividad	79
5.5. Sectores de incendio	79
5.6. Legislación aplicable a los sectores de incendio.	79
5.7. Cálculo del nivel de riesgo intrínseco y superficie máxima de sector	80
5.8. Exigencias de Resistencia al fuego	80
5.8.1. Zona de uso industrial	80
5.8.2. Zona de uso administrativo	81
5.8.3. Supuestos de análisis	82
5.8.4. Resolución de supuestos	82
6. Archivos PROveedores COMerciales	89

1. Objeto y alcance

La presente ficha define, de acuerdo con la legislación vigente y las normas de referencia, el concepto de resistencia al fuego aplicada a los elementos y productos de compartimentación fija, analiza la clasificación de estos según las características de resistencia al fuego y recopila los requerimientos normativos existentes. También incorpora un caso práctico mediante el cual se analizan, a modo de ejemplo ilustrativo, los conceptos desarrollados en la misma.

En este sentido, se toma como marco normativo de referencia el Real Decreto 842/2013, de 31 de octubre, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego.

En el Anexo III de este reglamento se clasifican los diferentes elementos constructivos, productos o sistemas de acuerdo con las clases de resistencia al fuego establecidas, mediante la aplicación de las correspondientes normas, que son convenientemente relacionadas.

De acuerdo con dicha clasificación y con el conjunto de exigencias normativas vigentes, se define el marco normativo que regula todos los aspectos relativos a la resistencia al fuego aplicada a los elementos y productos de compartimentación fija.

La ficha se redacta con un objetivo de formación básico para aquellos lectores que deseen entender el concepto base de resistencia al fuego, detallado para aquellos que deseen profundizar en su conocimiento de los ensayos que se deben realizar, así como un punto de partida de difusión de conocimiento de aspectos básicos en la instalación y mantenimiento de los materiales, aspecto altamente influyente en la propagación de incendios.

2. Normativas de referencia

El ámbito al que hace referencia la presente ficha técnica se rige, y toma en consideración, por la legislación vigente y por los documentos de apoyo referenciados en este apartado.

2.1. Clasificación de productos y elementos constructivos

El marco común europeo de clasificación de las propiedades de reacción y resistencia al fuego de los productos de construcción y de los elementos constructivos, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE y por medio de las correspondientes Decisiones, fue debidamente traspuesto a ordenamiento jurídico estatal.

Siendo de aplicación todas las Decisiones de la Comisión relativas a este ámbito a partir de la entrada en vigor del Reglamento (UE) nº 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo de 2011, por el que se establecen las condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción, estas quedan recogidas básicamente en un único Real Decreto.

- Real Decreto 842/2013, de 31 de octubre, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego.

2.2. Exigencias normativas

Las características que deben satisfacer los elementos constructivos en función de las características de los establecimientos y su relación con el entorno vienen reguladas por diferentes disposiciones legales y criterios de interpretación normativa.

- REAL DECRETO 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales, modificado por las siguientes disposiciones:
 - CORRECCIÓN de errores y erratas del Real Decreto 2267/2004, 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (BOE, núm. 55, de 5 de marzo de 2005, páginas 7906 a 7907).
- Documento Básico Seguridad en caso de Incendio del REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, modificado por las siguientes disposiciones:
 - Real Decreto 1371/2007 de 19 de octubre (BOE, 23 de octubre de 2007).
 - Corrección de errores y erratas del Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo (BOE, 25 de enero de 2008).
 - Orden VIV/984/2009, de 15 de abril (BOE, 23 de abril de 2009).
 - Real Decreto 173/2010, de 19 de febrero (BOE, 11 de marzo de 2010).
 - Sentencia del Tribunal Supremo, de 4 de mayo de 2010 (BOE, 30 de julio de 2010).
- Ordenança Reguladora de les Condicions de Protecció contra Incendis (BOPB Núm. 83 5/4/2008).
- REAL DECRETO 379/2001, de 6 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE APQ-1, MIE APQ-2, MIE APQ-3, MIE APQ-4, MIE APQ-5, MIE APQ-6 y MIE APQ-7, modificado por las siguientes disposiciones:
 - Real Decreto 105/2010, de 5 de febrero, por el que se modifican determinados aspectos de la regulación de los almacenamientos de productos químicos y se aprueba la instrucción técnica complementaria MIE APQ-9 "Almacenamiento de peróxidos orgánicos".
 - Real Decreto 2016/2004, de 11 de octubre, por el que se aprueba la Instrucción técnica complementaria MIE APQ-8 "Almacenamiento de fertilizantes a base de nitrato amónico con alto contenido en nitrógeno".
 - Corrección de errores del Real Decreto 379/2001, de 6 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE APQ-1, MIE APQ-2, MIE APQ-3, MIE APQ-4, MIE APQ-5, MIE APQ-6 y MIE APQ-7.
- RESOLUCIÓN ECF/4548/2006, de 29 de diciembre, por la que se aprueba a Fecsa-Endesa las Normas técnicas particulares relativas a las instalaciones de red y a las instalaciones de enlace (exp. EE-104/01).
- Orden INT/322/2012, de 11 de octubre, por la cual se aprueban las instrucciones técnicas complementarias del Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (RSCIEI) (Cataluña como ámbito de aplicación):

- SP 103 Carga de fuego para establecimientos dedicados a la elaboración de cavas y almacenes de bebidas con alcohol.
 - SP 107 Cálculo de la carga de fuego en actividades de almacenaje.
 - SP 108 Lucernarios en cubierta en establecimientos industriales.
 - SP 117 Resistencia al fuego de la estructura de cubiertas ligeras de los establecimientos industriales.
 - SP 119 Determinación de la configuración de los establecimientos industriales.
 - SP 123 Sistemas de almacenaje en estanterías metálicas por actividades industriales y almacenes.
- Orden INT/323/2012, de 11 de octubre, por la que se aprueban las instrucciones técnicas complementarias del Documento Básico de Seguridad en caso de incendio. Código Técnico de la Edificación (CTE) (Cataluña como ámbito de aplicación).
- SP 109 Condiciones de seguridad en edificios con altura de evacuación superior a 50 metros.
- Orden INT/324/2012, de 11 de octubre, por la cual se aprueban las instrucciones técnicas complementarias genéricas de prevención y seguridad en materia de incendios en establecimientos, actividades, infraestructuras y edificios (Cataluña como ámbito de aplicación).

2.3. Documentos complementarios que se deben tomar en consideración

Se identifican a continuación una serie de documentos que, sin tener rango normativo, deben tomarse en consideración a efectos de determinar las características de los elementos compartimentados del edificio.

- Fichas de la Guía Técnica del Servicio de Prevención de Incendios y Salvamento del Ayuntamiento de Barcelona – Criterio de interpretación de la Normativa de Protección contra Incendios (municipio de Barcelona como ámbito de aplicación):
 - 1.01 Aparcamientos en altura en la misma plaza.
 - 1.02 Aparcamientos con montacoches.
 - 1.03 Aparcamientos robotizados.
 - 1.04 Parquings tipo multipark
 - 1.14 Trasteros
 - 2.01 Compartimentación en edificios de uso administrativo con servicios centralizados.
 - 3.01 Segregación de una vivienda en varias.
 - 3.02 Uso residencial público en edificios de otros usos.
 - 3.03 Cambio parcial de uso residencial vivienda a uso administrativo.
 - 3.07 Armarios eléctricos y registros de pasos de instalaciones en vías de evacuación protegidas.
 - 3.08 Escaleras compartimentadas
 - 6.01 Estructuras de madera en edificios existentes.
 - 6.02 (R1) Columnas de hierro colado y vigas metálicas de celosía.
- Instrucciones técnicas complementarias no publicadas en el DOGC (Cataluña como ámbito de aplicación):
 - SP 130 Resistencia al fuego de columnas de fundición o hierro fundido.

- Documentos y acuerdos de la Mesa para la Interpretación de la Normativa de Seguridad contra Incendios (MINSCI) (Cataluña como ámbito de aplicación):

- DT-5 Aparcamientos de plazas cerradas.
- DT-6 Patinillos para la ventilación de escaleras protegidas y especialmente protegidas.
- DT-8 Trasteros en aparcamientos.
- DT-10 Seguridad contra incendios en establecimientos de turismo rural.
- DT-11 Vestíbulo de independencia de la escalera especialmente protegida.
- DT-13 Intervención de reparación estructural en edificios existentes.
- DT-14 Remontas en edificios de viviendas con la creación de nuevas viviendas.
- AT 6 Protecciones para el paso de instalaciones a través de elementos de compartimentación de incendios para un aparcamiento.

2.4. Normas de ensayo y clasificación

Diferentes normas UNE, UNE-EN, UNE-EN ISO, etc., definen el modo de ensayo y clasificación de los productos de la construcción en función de las características de resistencia al fuego.

UNE-EN ISO 13943:2012 Seguridad contra incendios. Vocabulario. (ISO 13943:2008.)

Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación:

- UNE-EN 13501-2:2009 +A1:2010 - Parte 2: Clasificación a partir de datos obtenidos de los ensayos de resistencia al fuego excluidas las instalaciones de ventilación.
- UNE-EN 13501-3:2007 +A1:2010 - Parte 3: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de resistencia al fuego de productos y elementos utilizados en las instalaciones de servicio de los edificios: Conductos y compuertas resistentes al fuego
- UNE-EN 13501-4:2007 +A1:2010 - Parte 4: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de resistencia al fuego de componentes de sistemas de control de humo.

Ensayos de resistencia al fuego:

- UNE-EN 1363-1:2015 Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN 1363-2:2000 Parte 2: Procedimientos alternativos y adicionales.
- UNE-ENV 1363-3:2000 Parte 3: Verificación del comportamiento del horno.

Ensayos de resistencia al fuego de elementos no portantes:

- UNE-EN 1364-1:2000 Parte 1: Paredes.
- UNE-EN 1364-2:2000 Parte 2: Falsos techos.
- UNE-EN 1364-3:2015 Parte 3: Fachadas ligeras. Configuración completa (conjunto completo).
- UNE-EN 1364-4:2015 Parte 4: Fachadas ligeras. Configuración parcial.

Ensayos de resistencia al fuego de elementos portantes:

UNE-EN 1365-1:2000	Parte 1: Paredes.
UNE-EN 1365-2:2000	Parte 2: Suelos y cubiertas
UNE-EN 1365-3:2000	Parte 3: Vigas.
UNE-EN 1365-4:2000	Parte 4: Pilares.
UNE-EN 1365-5:2005	Parte 5: Balconadas y pasarelas.
UNE-EN 1365-6:2005	Parte 6: Escaleras.

Ensayos de resistencia al fuego de instalaciones de servicio:

UNE-EN 1366-1:2000	Parte 1: Conductos.
UNE-EN 1366-2:2015	Parte 2: Compuertas cortafuegos.
UNE-EN 1366-3:2011	Parte 3: Sellantes de penetración.
UNE-EN 1366-4:2008	+A1:2010 - Parte 4: Sellados de junta lineal.
UNE-EN 1366-5:2011	Parte 5: Conductos horizontales y patinillos para servicios.
UNE-EN 1366-6:2005	Parte 6: Pavimentos elevados registrables y pavimentos huecos.
UNE-EN 1366-7:2006	Parte 7: Cerramientos para sistemas transportadores y de cintas transportadoras.
UNE-EN 1366-8:2005	Parte 8: Conductos para extracción de humo.
UNE-EN 1366-9:2009	Parte 9: Conductos de extracción de humos de un solo compartimento.

Ensayos de resistencia al fuego de puertas y elementos de cerramiento de huecos:

UNE EN 1634-1: 2000	Parte 1: Puertas y cerramientos cortafuegos.
UNE EN 1634-3: 2001	Parte 3: Puertas y cerramientos para control de humos.

Ensayos para determinar la contribución a la resistencia al fuego de los elementos estructurales:

UNE-ENV 13381-2:2004	Parte 2: Membranas protectoras verticales.
UNE-ENV 13381-3:2004	Parte 3: Protección aplicada a elementos de hormigón.
UNE-EN 13381-4:2014	Parte 4: Protección pasiva aplicada a elementos de acero.
UNE-ENV 13381-5:2005	Parte 5: Protección aplicada a elementos mixtos de hormigón/chapa de acero perfilada.
UNE-EN 13381-6:2014	Parte 6: Protección aplicada a pilares huecos de acero rellenos de hormigón.
UNE-ENV 13381-7:2006	EX - Parte 7: Protección aplicada a vigas de madera.
UNE-EN 13381-8:2015	Parte 8: Protección reactiva aplicada a los elementos de acero.

Extensión de la aplicación de los resultados de los ensayos de resistencia al fuego:

UNE-EN 15080-8:2011	Parte 8: Vigas.
UNE-EN 15080-12:2011	Parte 12: Muros portantes de albañilería.

Extensión de la aplicación de los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia al fuego. Paredes no portantes:

UNE-EN 15254-2:2010	Parte 2: Tabiques de fábrica y de paneles de yeso
UNE-EN 15254-4:2009	+A1:2012 - Parte 4: Elementos de construcción vidriados.

UNE-EN 15254-5:2010	Parte 5: Construcción con paneles sándwich metálicos.
UNE-EN 15254-6:2015	Parte 6: Fachadas ligeras.
UNE-EN 15254-7:2013	Parte 7: Paneles sándwich metálicos para construcción.
UNE-EN 13216-1:2006	Chimeneas. Métodos de ensayo para chimeneas. Parte 1: Métodos de ensayo generales.
UNE-EN 14135:2005	Recubrimientos. Determinación de la capacidad de protección contra el fuego.
UNE-EN 50200:2007	Método de ensayo de la resistencia al fuego de cables de pequeñas dimensiones sin protección, para uso en circuitos de emergencia.
UNE-EN 12101-7:2013	Sistemas para el control de humo y de calor. Parte 7: Secciones de conducto de humo.
UNE EN 81-58: 2004	Reglas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores. Exámenes y ensayos. Parte 58: Ensayo de resistencia al fuego de las puertas de piso.

3. Aplicación

3.1. Definiciones

Se relacionan a continuación aquellas que se consideran relevantes a efectos de interpretación de la presente ficha:

Resistencia al fuego (CTE DB SI A): capacidad de un elemento de construcción para mantener durante un período de tiempo determinado la función portante que le sea exigible, así como la integridad o el aislamiento térmico en los términos especificados en el ensayo normalizado correspondiente (DPC - D12).

Carga de fuego (CTE DB SI A): suma de las energías caloríficas que se liberan en la combustión de todos los materiales combustibles existentes en un espacio (contenidos del edificio y elementos constructivos) (UNE EN 1991-1-2:2004).

Cubierta ligera (RSCIEI, Anexo II): se calificará como ligera toda cubierta cuyo peso propio no exceda de 100 kg/m². Se interpretará como carga permanente, a los efectos de calificación de una cubierta como ligera, la resultante de tener en cuenta el conjunto formado por la estructura principal de pórticos de cubierta, más las correas y materiales de cobertura. En el caso de existencia de grúas, se deberá tener en cuenta, además, para el cómputo de la carga permanente, el peso propio de la viga carril, así como el de la propia estructura de la grúa sobre la que se mueve el polispasto.

Curva normalizada tiempo-temperatura (CTE DB SI A): curva nominal que representa un modelo de fuego totalmente desarrollado en un sector de incendio (UNE EN 1991-1-2:2004).

Curvas tiempo-temperatura (CTE DB SI A): temperatura del aire en la proximidad de las superficies de un elemento, en función del tiempo. Pueden ser:

- a) Nominales: curvas convencionales adoptadas para clasificar o verificar la resistencia al fuego, por ejemplo, la curva normalizada tiempo-temperatura, la curva de fuego exterior o la curva de fuego de hidrocarburos.

b) Paramétricas: curvas determinadas a partir de modelos de fuego y de los parámetros físicos específicos que definen las condiciones del sector de incendio (UNE EN 1991-1-2:2004).

Densidad de carga de fuego (CTE DB SI A): carga de fuego por unidad de superficie construida q_f , o por unidad de superficie de toda la envolvente, incluidas sus aberturas, q_t . (UNE EN 1991-1-2:2004).

Densidad de carga de fuego de cálculo (CTE DB SI A): densidad de carga de fuego considerada para determinar las acciones térmicas en el cálculo en situación de incendio. Su valor tiene en cuenta las incertidumbres (UNE EN 1991-1-2:2004).

Elemento constructivo: componente constructivo diferenciado, por ejemplo: pared, división, suelo, cubierta, viga o pilar. Un elemento es un producto individual, así como puede ser un elemento constituido por uno o varios productos.

Elementos estructurales secundarios (CTE DB SI 3): elementos estructurales cuyo colapso ante la acción directa del incendio no pueda ocasionar daños a los ocupantes, ni comprometer la estabilidad global de la estructura, la evacuación o la compartimentación en sectores de incendio del edificio, como puede ser el caso de pequeñas entreplantas o de suelos y escaleras de construcción ligera, etc.

Estructura portante (RSCIEI, Anexo II): se entenderá por estructura portante de un edificio la constituida por los siguientes elementos: forjados, vigas, soportes y estructura principal y secundaria de cubierta.

Estructura principal de cubierta y sus soportes (RSCIEI, Anexo II): se entenderá por estructura principal de cubierta y sus soportes la constituida por la estructura de cubierta propiamente dicha (dintel, cercha) y los soportes que tengan como función única sustentarla, incluidos aquellos que, en su caso, soporten además una grúa. A estos efectos, los elementos estructurales secundarios, por ejemplo, correas de cubierta, no serán considerados parte constituyente de la estructura principal de cubierta.

Franja de encuentro: elemento compartimentador longitudinal que se instala en los puntos de encuentro de dos elementos constructivos mutuamente transversales en mayor o menor ángulo.

Fuego de cálculo (CTE DB SI A): desarrollo de fuego específico adoptado a efectos de cálculo (UNE EN 1991-1-2:2004).

Fuego totalmente desarrollado (CTE DB SI A): estado en el que todas las superficies combustibles existentes en un determinado espacio participan en el fuego (UNE EN 1991-1-2:2004).

Fuego localizado (CTE DB SI A): fuego que solo afecta a una zona limitada de la carga de fuego del sector de incendio (UNE EN 1991-1-2:2004).

Medianería (RSCIEI, Anexo II): a los efectos de esta norma, todo elemento vertical que separe dos sectores de incendio diferentes

Tiempo equivalente de exposición al fuego (CTE DB SI A): es el tiempo de exposición a la curva normalizada tiempo-temperatura que se supone que tiene un efecto térmico igual al de un incendio real en el sector de incendio considerado (UNE EN 1991-1-2:2004).

3.2. Clasificación de productos y elementos constructivos

3.2.1. Real Decreto 842/2013, de 31 de octubre

Clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego.

La Directiva 89/106/CEE, debidamente traspuesta a ordenamiento jurídico estatal, estableció una serie de requisitos básicos de las obras de construcción y también que las características esenciales de los productos de construcción se debían establecer en especificaciones técnicas armonizadas, en relación con los requisitos básicos de las obras de construcción.

En aplicación de dicha directiva, la Comisión Europea fijó, por medio de las correspondientes decisiones, un marco común de clasificación de las propiedades de reacción y resistencia al fuego de los productos de construcción y de los elementos constructivos.

Posteriormente, el Reglamento (UE) n.º 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo de 2011, por el que se establecen las condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción y se deroga la Directiva 89/106/CEE del Consejo, anuló y sustituyó la Directiva 89/106/CEE a partir del 1 de julio de 2013, y dio continuidad a las referencias a la misma según el artículo 65, punto 2, del Reglamento, con lo que siguen siendo de aplicación todas las decisiones de la Comisión relativas a la clasificación de las propiedades de reacción y resistencia al fuego de los productos de construcción y de los elementos constructivos a partir de la entrada en vigor del Reglamento, y que se trasponen en el Real Decreto 842/2013.

Así pues, el Anexo III RD 842/2013 establece la clasificación en función de las características de resistencia al fuego de elementos constructivos, productos o sistemas tal como aparecen en las tablas que figuran a continuación mediante la aplicación de las correspondientes normas de ensayo y clasificación.

En las tablas de los diferentes productos se indican las normas de aplicación correspondientes con el código de norma UNE-EN o UNE-EN-ISO cuando ya están disponibles, o con el código PrEN, EN o EN-ISO, a título informativo, cuando no lo están. En este segundo caso, la norma será de aplicación cuando esté disponible.

En este sentido cabe recordar, además, que el artículo 3 del RD 842/2013 indica que “las normas UNE-EN y UNE-EN-ISO a las que se refieren los Anexos I, II y III resultarán de obligado cumplimiento y se entenderán referidas a la última versión de la norma europea publicada por AENOR”.

Productos	Clasificación											
1. Elementos portantes sin funciones de separación contra al fuego												
Paredes, suelos, tejados, vigas, columnas, balcones, escaleras, pasarelas.	Norma (s)	UNE-EN 13501-2+A1; UNE-EN 1365, partes 1 a 6; UNE-EN 1992-1-2; UNE-EN 1993-1-2; UNE-EN 1994-1-2; UNE-EN 1995-1-2; UNE-EN 1996-1-2; EN 1999-1-2 (véase apartado 3.3 de este anexo).										
	R	15	20	30	45	60	90	120	180	240	360	
	Clasificación:											
	Comentarios:											
2. Elementos portantes con funciones de separación contra al fuego												
Paredes	Norma (s)	UNE-EN 13501-2+A1; UNE-EN 1365-1; UNE-EN 1992-1-2; UNE-EN 1993-1-2; UNE-EN 1994-1-2; UNE-EN 1995-1-2; UNE-EN 1996-1-2; EN 1999-1-2 (véase apartado 3.3 de este anexo).										
	RE		20	30		60	90	120	180	240	360	
	REI	15	20	30	45	60	90	120	180	240	360	
	REI-M			30		60	90	120	180	240	360	
	REW		20	30		60	90	120	180	240	360	
	Clasificación:											
Suelos y cubiertas	Norma (s)	UNE-EN 13501-2+A1; UNE-EN 1365-2; UNE-EN 1992-1-2; UNE-EN 1993-1-2; UNE-EN 1994-1-2; UNE-EN 1995-1-2; EN 1999-1-2 (véase apartado 3.3 de este anexo).										
	R			30								
	RE		20	30		60	90	120	180	240	360	
	REI	15	20	30	45	60	90	120	180	240	360	
	Clasificación:											
	Comentarios:											
3. Productos y sistemas de protección de los elementos o partes portantes de las obras												
Techos sin resistencia intrínseca al fuego	Norma (s)	UNE-EN 13501-2+A1; PrEN 13381-1 (véase apartado 3.3 de este anexo).										
	Clasificación:	Se define en los mismos términos que los elementos portantes protegidos.										
	Comentarios:	Si cumplen los requisitos relativos al fuego "seminatural", se añadirá el símbolo "sn" a la clasificación.										
Revestimientos, placas, morteros, chapados y pantallas de protección contra el fuego.	Norma (s)	UNE-EN 13501-2+A1; PrEN 13381 partes 2 a 7; UNE-EN 13381-8 (véase apartado 3.3 de este anexo).										
	Clasificación:	Se define en los mismos términos que los elementos portantes protegidos.										
	Comentarios:											

Productos	Clasificación										
4. Elementos no portantes o partes portantes de las obras y productos de estas partes											
Particiones (incluidas las que tienen partes no aisladas y los elementos aislantes para cavidades).	Norma (s)	UNE-EN 13501-2+A1; UNE-EN 1364-1[*]; UNE-EN 1992-1-2; UNE-EN 1993-1-2; UNE-EN 1994-1-2; UNE-EN 1995-1-2; UNE-EN 1996-1-2; EN 1999-1-2 (véase apartado 3.3 de este anexo).									
	E		20	30		60	90	120			360
	EI	15	20	30	45	60	90	120	180	240	
	EI-M			30		60	90	120	180	240	
	EW		20	30		60	90	120			
	Clasificación:										
Comentarios:											
[*] En el caso de los elementos aislantes para cavidades, esta norma se complementa con el informe técnico nº 31 de la Organización Europea para la Aprobación Técnica (EOTA). Este informe se puede consultar en la página web http://EOTA.be , "EOTA Technical Reports".											
Techos con resistencia intrínseca al fuego.	Norma (s)	UNE-EN 13501-2+A1; UNE-EN 1364-2 (véase apartado 3.3 de este anexo).									
	EI	15		30	45	60	90	120	180	240	
	Clasificación:										
	Comentarios:	La clasificación se completa con "[a→b]", "[b→a]" o "[a↔b]" para indicar si el elemento ha sido probado y cumple los requisitos solo superiores o inferiores o ambos.									
Fachadas (muoscortina) y muros exteriores (incluidos elementos de vidrio).	Norma (s)	UNE-EN 13501-2+A1; UNE-EN 1364-3; UNE-EN 1364-4; UNE-EN 1992-1-2; UNE-EN 1993-1-2; UNE-EN 1994-1-2; UNE-EN 1995-1-2; UNE-EN 1996-1-2; EN 1999-1-2.									
	E	15		30		60	90	120			
	EI	15		30		60	90	120			
	EW		20	30		60					
	Clasificación:										
Comentarios:	La clasificación se completa con "{i@o}", "{o@i}" ó "{i«o}" para indicar si el elemento ha sido probado y cumple los requisitos sólo de interior o de exterior o ambos. En caso necesario, la estabilidad mecánica indica que ningún desprendimiento de partes puede causar daños personales durante el plazo previsto para la clasificación E o EI.										
Suelos elevados	Norma (s)	UNE-EN 13501-2+A1; UNE-EN 1366-6 (véase apartado 3.3 de este anexo).									
	R	15		30							
	RE			30							
	REI			30							
	Clasificación:										
Comentarios:	La clasificación se completa añadiendo el sufijo "f" para indicar resistencia plena al fuego o "r" para indicar la resistencia únicamente a la exposición a una temperatura constante.										

Productos	Clasificación											
Sistemas de obturación de penetraciones de cables y tuberías (sistemas de obturación de pasos de instalaciones y de sellado de juntas).	Norma (s)	UNE-EN 13501-2+A1; UNE-EN 1366-3; UNE-EN 1366-4 (véase apartado 3.3 de este anexo).										
	E	15		30	45	60	90	120	180	240		
	El	15	20	30	45	60	90	120	180	240		
	Clasificación:											
	Comentarios:											
Puertas y elementos practicables cortafuegos (incluidos los que tienen partes acristaladas y herrajes) y sus dispositivos de cierre.	Norma (s)	UNE-EN 13501-2+A1; UNE-EN 1634-1 (véase apartado 3.3 de este anexo).										
	E	15		30	45	60	90	120	180	240		
	El	15	20	30	45	60	90	120	180	240		
	EW		20	30		60						
	Clasificación:											
Comentarios:	La clasificación I se completa con el sufijo "1" o "2" para indicar la definición de aislamiento utilizada. La adición del símbolo "C" indica que el producto también cumple el criterio de "cierre automático" (prueba de admisión/rechazo) ⁽¹⁾ .											
[1] La clasificación C podría ser complementada por los dígitos 0 a 5 de acuerdo con la categoría de uso. Los detalles se incluirán en las especificaciones técnicas del producto.												
Puertas corta-humos.	Norma (s)	UNE-EN 13501-2+A1; UNE-EN 1634-3 (véase apartado 3.3 de este anexo).										
	Clasificación:	S ₂₀₀ o S _s , según las condiciones de la prueba cumplidas										
	Comentarios:	La adición del símbolo "C" indica que el producto también cumple el criterio de "cierre automático" (prueba de admisión/rechazo) ⁽¹⁾ .										
[1] La clasificación C podría ser complementada por los dígitos 0 a 5 de acuerdo con la categoría de uso. Los detalles se incluirán en las especificaciones técnicas del producto.												
Cierres para sistemas transportadores y de transporte por carriles.	Norma (s)	UNE-EN 13501-2+A1; UNE-EN 1366-7 (véase apartado 3.3 de este anexo).										
	E	15		30	45	60	90	120	180	240		
	El	15	20	30	45	60	90	120	180	240		
	EW	20		30		60						
	Clasificación:											
Comentarios:	La clasificación I se completa con el sufijo "1" o "2" para indicar la definición de aislamiento utilizada. Se generará una clasificación I en los casos en que la muestra de ensayo sea una configuración de tubería o de conducto sin evaluación del cierre para el sistema transportador. La inclusión del símbolo "C" indica que el producto también cumple el criterio de "cierre automático" (prueba de rechazo/admisión) ⁽¹⁾ .											
[1] La clasificación C podría se podría complementar con los dígitos 0 a 5 de acuerdo con la categoría de uso. Los detalles se incluirán en las especificaciones técnicas del producto.												

Productos	Clasificación											
Conductos y patinillos para instalaciones y servicios.	Norma (s)	UNE-EN 13501-2+A1; UNE-EN 1366-5 (véase apartado 3.3 de este anexo).										
	E	15	20	30	45	60	90	120	180	240		
	El	15	20	30	45	60	90	120	180	240		
	Clasificación:											
	Comentarios:	La clasificación se completa con "(i→o)", "(o→i)" o "(i↔o)" para indicar si el elemento se ha probado y cumple los requisitos externos o internos o bien ambos. Además, los símbolos "ve" o "h0" indican que el elemento se puede utilizar adecuadamente en sentido vertical u horizontal.										
Chimeneas.	Norma (s)	UNE-EN 13501-2+A1; UNE-EN 13216 (véase apartado 3.3 de este anexo).										
	Clasificación:	G + distancia en milímetros (por ejemplo G 50).										
	Comentarios:	Distancia no requerida para productos empotrados.										
Revestimientos de paredes y techos.	Norma (s)	UNE-EN 13501-2+A1; UNE-EN 14135 (véase apartado 3.3 de este anexo).										
	K ₁	10										
	K ₂	10	30		60							
	Clasificación:											
	Comentarios:	Los sufijos "1" y "2" indican los sustratos, los criterios de comportamiento ante el fuego y las normas de extensión utilizadas en esta clasificación.										
5. Productos utilizados en sistemas de ventilación (excluidos los sistemas de extracción de calor y humo)												
Conductos de ventilación.	Norma (s)	UNE-EN 13501-3+A1; UNE-EN 1366-1 (véase apartado 3.3 de este anexo).										
	El	15	20	30	45	60	90	120	180	240		
	E	30		60								
	Clasificación:											
	Comentarios:	La clasificación se completa con "(i→o)", "(o→i)" o "(i↔o)" para indicar si el elemento se ha probado y cumple los requisitos exteriores, interiores o ambos. Además, los símbolos "ve" o "h0" indican que el elemento se puede usar en sentido vertical u horizontal. La inclusión del símbolo "S" indica que se ajusta a una restricción suplementaria de fugas.										
Cierres contraincendios (reguladores de tiro contra incendios).	Norma (s)	UNE-EN 13501-3+A1; UNE-EN 1366-2 (véase apartado 3.3 de este anexo).										
	El	15	20	30	45	60	90	120	180	240		
	E	15		30		60	90	120				
	Clasificación:											
	Comentarios:	La clasificación se completa con "(i→o)", "(o→i)" o "(i↔o)" para indicar que el elemento ha sido probado y cumple los criterios interiores, exteriores o ambos. Además, los símbolos "ve" o "h0" indican que el elemento se puede utilizar adecuadamente en sentido vertical u horizontal. La inclusión del símbolo "S" indica que se ha cumplido una restricción suplementaria de fugas.										

Productos	Clasificación										
6. Productos utilizados en las instalaciones técnicas											
Cables eléctricos y al fuego de fibras ópticas y accesorios; conductos y sistemas de cables resistentes al fuego.	Norma (s)	UNE-EN 13501-3+A1 (véase apartado 3.3 de este anexo).									
	E	15		30		60	90	120			
	Clasificación:										
	Comentarios:										
Cables o sistemas de cableado de pequeño diámetro utilizados para la alimentación eléctrica o la transmisión de señal (de un diámetro inferior a 20 mm y conductores inferiores a 2,5 mm²).	Norma (s)	UNE-EN 13501-3+A1; UNE-EN 50200 (véase apartado 3.3 de este anexo).									
	PH	15	30			60	90	120			
	Clasificación:										
	Comentarios:										
7. Productos utilizados en las instalaciones técnicas											
Conductos para control de humo en un único sector de incendio.	Norma (s)	UNE-EN 13501-4+A1; UNE-EN 1363-1 y 2; EN 1363-3; UNE-EN 1366-9; EN 12101-7 (véase apartado 3.3 de este anexo).									
	E300			30		60	90	120			
	E600			30		60	90	120			
	Clasificación:										
Comentarios:	La clasificación se completa con el término "multi" para indicar que es adecuado para utilizar en más de un sector de incendio. Además, los símbolos "ve" o "h0" indican que el elemento se puede usar en posición vertical u horizontal. "S" indica un volumen de fugas menor de 5 m ³ /hr/m ² (Todos los conductos con una clasificación "S" deben tener un volumen de fugas menor de 10 m ³ /hr/m ²). "500", "1000", "1500" indican que se puede utilizar hasta esos valores de presión, medida en condiciones de ambiente.										
Conductos resistentes al fuego para control de humo en más de un sector de incendio.	Norma (s)	UNE-EN 13501-4+A1; UNE-EN 1363-1 y 2; EN 1363-3; UNE-EN 1366-8; EN 12101-7 (véase apartado 3.3 de este anexo).									
	El			30		60	90	120			
	Clasificación:										
	Comentarios:	La clasificación se completa con el término "single" para indicar que es adecuado exclusivamente para ser utilizado en un único sector de incendio. Además, los símbolos "ve" o "h0" indican que se puede usar en posición vertical u horizontal. "S" indica un porcentaje de fugas menor de 5 m ³ /hr/m ² (Todos los conductos sin una clasificación "S" deben tener un índice de fugas menor de 10 m ³ /hr/m ²). "500", "1000", "1500" indican que se puede utilizar hasta esos valores de presión, medidos en condiciones de ambiente.									

Productos	Clasificación										
Compuertas para control de humo en un único sector de incendio.	Norma (s)	UNE-EN 13501-4+A1; UNE-EN 1363-1; EN 1363-3; UNE-EN 1366-9; EN 1366-10; EN 12101-8 (véase apartado 3.3 de este anexo).									
	E300			30		60	90	120	120		
	E600			30		60	90	120	120		
	Clasificación:										
Comentarios:	<p>La clasificación se completa con el término "single" para indicar que es adecuado exclusivamente para utilizar en un único sector de incendio. "HOT 400/30" (High Operational Temperature) indica que la compuerta puede abrirse o cerrarse durante un período de 30 minutos a temperaturas inferiores a 400 °C (utilizado únicamente con la clasificación E600).</p> <p>"v_{ed}", "v_{ew}", "v_{edw}" o "h_{od}", "h_{ow}", "h_{odw}" indican, respectivamente, que el elemento se puede usar en posición vertical u horizontal, y montado en un conducto, en una pared o de ambas formas.</p> <p>"S" indica un volumen de fugas menor de 200 m³/hr/m². Las compuertas sin clasificación "S" deben tener un volumen de fugas menor de 360 m³/hr/m². Todas las compuertas con un volumen de fugas menor de 200 m³/hr/m² adoptan este valor. Todas las compuertas con un volumen de fugas comprendido entre 200 m³/hr/m² y 360 m³/hr/m² adoptan el valor 360 m³/hr/m². El volumen de fugas se mide a temperatura ambiente y a temperatura elevada. "500", "1000", "1500" indican que se puede utilizar hasta esos valores de presión, medida a ambiente.</p> <p>"AA" o "MA" indica activación automática o intervención manual.</p> <p>"(i→o)", "(o→i)" "(i↔o)", indican, respectivamente, que el criterio de comportamiento se cumple desde el interior hacia el exterior, desde el exterior hacia el interior o de ambas formas "C300", "C10000" "Cmod" indican, respectivamente, que la compuerta se puede utilizar en sistemas exclusivos para control del humo, que se puede utilizar en sistemas combinados para control de humo; y climatización 0 indica que es una compuerta modulante para uso en sistemas combinados para control de humo y climatización.</p>										

Productos	Clasificación										
Compuertas resistentes al fuego para control de humo en más de un sector de incendio.	Norma (s)	UNE-EN 13501-4+A1; UNE-EN 1363-1 y 2; EN 1363-3; UNE-EN 1366-2; UNE-EN 1366-8; EN 1366-10; EN 12101-8 (véase apartado 3.3 de este anexo).									
	El			30		60	90	120			
	E			30		60	90	120			
	Clasificación:										
	Comentarios:	<p>La clasificación se completa con el término "single" para indicar que es adecuado para utilizar en más de un sector de incendio. "HOT 400/30" (High Operational Temperature) indica que la compuerta puede abrirse o cerrarse durante un período de 30 minutos a temperaturas inferiores a 400 °C.</p> <p>"v_{ed}", "v_{ew}", "v_{edw}" y/o "h_{od}", "h_{ow}", "h_{odw}" indican, respectivamente, que el elemento se puede usar en posición vertical u horizontal, y montado en un conducto, en una pared o en ambas posiciones.</p> <p>"S" indica un volumen de fugas menor de 200 m³/hr/m². Las compuertas sin clasificación "S" deben tener un volumen de fugas menor de 360 m³/hr/m². Todas las compuertas con volumen de fugas menor de 200 m³/hr/m² adoptan este valor. Todas las compuertas con volumen de fugas comprendido entre 200 m³/hr/m² y 360 m³/hr/m² adoptan el valor 360 m³/hr/m². El volumen de fugas se mide a temperatura ambiente y a temperatura elevada. "500", "1000", "1500" indican que se pueden utilizar hasta esos valores de presión, medida en condiciones de ambiente.</p> <p>"AA" o "MA" indican activación automática o intervención manual; "(i→o)", "(o→i)" o "(i↔o)" indican, respectivamente, que el criterio de comportamiento se cumple desde el interior hacia el exterior, desde el exterior hacia el interior o de ambas formas. "C₃₀₀", "C₁₀₀₀₀", "C_{mod}" indican, respectivamente, que la compuerta se puede utilizar en sistemas exclusivos para control del humo, que se puede utilizar en sistemas combinados para control de humo; y climatización 0 indica que es una compuerta modulante para uso en sistemas combinados para control de humo y climatización.</p>									
Barreras de humo.	Norma (s)	UNE-EN 13501-4+A1; UNE-EN 1363-1 y 2; UNE-EN 12101-1 (véase apartado 3.3 de este anexo).									
	D ₆₀₀			30		60	90	120			A
	DH			30		60	90	120			A
	Clasificación:	D									
	Comentarios:	'A' puede ser cualquier período de tiempo superior a 120 minutos.									
Extractores mecánicos (ventiladores) de calor y humo, juntas de conexión.	Norma (s)	UNE-EN 13501-4+A1; UNE-EN 1363-1; UNE-EN 12101-3; ISO 834-1 (véase apartado 3.3 de este anexo).									
	F ₂₀₀							120			
	F ₃₀₀					60					
	F ₄₀₀						90	120			
	F ₆₀₀					60					
	F ₈₄₂			30							
	Clasificación:	F									
Comentarios:											

Productos	Clasificación											
Extractores pasivos de calor y humo.	Norma (s)	UNE-EN 13501-4+A1; UNE-EN 1363-1; UNE-EN 12101-2 (véase apartado 3.3 de este anexo).										
	B ₃₀₀			30								
	B ₆₀₀			30								
	B _θ			30								
	Clasificación:	B										
Comentarios:	"θ" indica la condición de exposición (temperatura).											
Nota: las referencias al apartado 3.3 de este anexo remiten al apartado 3.3 del anexo III del Real Decreto 842/2013												

3.2.2. Bases para la clasificación de productos y elementos constructivos

En el Anexo III del RD 842/2013, se clasifican los productos de construcción y elementos de sectorización fija en función de su comportamiento frente al fuego según las determinaciones de la norma UNE-EN 13501, que establece un procedimiento armonizado de clasificación.

En el ámbito de trabajo del presente documento son de aplicación las siguientes partes la norma:

- UNE-EN 13501-2:2009 +A1:2010 - Parte 2: Clasificación a partir de datos obtenidos de los ensayos de resistencia al fuego, excluidas las instalaciones de ventilación.
- UNE-EN 13501-3:2007 +A1:2010 - Parte 3: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de resistencia al fuego de productos y elementos utilizados en las instalaciones de servicio de los edificios: conductos y compuertas resistentes al fuego.
- UNE-EN 13501-4:2007 +A1:2010 - Parte 4: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de resistencia al fuego de componentes de sistemas de control de humo.

La Parte 2 de esta norma europea especifica el procedimiento de clasificación, basándose en datos de ensayos de resistencia al fuego y de estanquidad al humo, para los distintos productos de construcción y de los elementos constructivos clasificados en:

- Elementos portantes sin función de separación frente al fuego.
- Elementos portantes con función de separación frente al fuego, con o sin acristalamientos, servicios y dispositivos.
- Productos y sistemas para protección de elementos o de partes de las obras.
- Elementos o partes de obra no portantes, con o sin acristalamientos, servicios o dispositivos.
- Revestimientos con capacidad de protección frente al fuego para techos y paredes.
- Las puertas de acceso a ascensores.

Dichos procedimientos contemplan que uno o varios sean los niveles de acción térmica a utilizar basándose en diferentes curvas asociadas a diferentes escenarios de incendio, que según se indica en el apartado 4 de dicha norma son las siguientes:

- **Curva normalizada tiempo-temperatura**

Como base de ensayo se aplica, de forma genérica, la relación normalizada tiempo-temperatura durante toda la duración del mismo.

Se define por esta relación un modelo de incendio totalmente desarrollado en un sector según la fórmula exponencial siguiente:

$$T = 20 + 342 \cdot \log_{10}(8 \cdot t + 1)$$

siendo:

- t** el tiempo transcurrido desde el inicio del ensayo, en minutos.
- T** la temperatura media del horno, que vendría a representar la temperatura media del gas en el sector, en °C .

- **Curva de calentamiento lento (fuego latente)**

Modelo apropiado para la evaluación de aquellos elementos cuyo comportamiento pueda depender de la rapidez del calentamiento hasta 500 °C, a efectos de determinar su clasificación (productos reactivos o intumescentes).

Para $0 < t \leq 21$

$$T = 154 \cdot t^{0,25} + 20$$

Para $t > 21$

$$T = 20 + 345 \cdot \log_{10}(8 \cdot (t-20) + 1)$$

Siendo:

- t** el tiempo transcurrido desde el inicio del ensayo, en minutos.
- T** la temperatura media del horno, que vendría a representar la temperatura media del gas en el sector, en °C.

- **Fuego “seminatural”**

Reproduce circunstancias por las que la temperatura de los gases del incendio en contacto con la cara inferior del elemento objeto de ensayo puede alcanzar los 1000 °C durante un período de entre 10 o 20 min. Este modelo es apropiado para membranas de protección suspendidas horizontalmente.

- **Curva de exposición a un fuego exterior**

Reproduce la exposición a la que puede estar sometido un cerramiento exterior de la edificación, donde solo concurre la transmisión por radiación desde edificaciones adyacentes. Este modelo es apropiado para las caras exteriores de cerramientos no portantes.

$$T = 20 + 660 \cdot (1 - 0,687 \cdot e^{-0,32t} - 0,313 \cdot e^{-3,8t})$$

siendo:

- t el tiempo transcurrido desde el inicio del ensayo, en minutos.
- T la temperatura media del horno, que vendría a representar la temperatura media del gas en el sector, en °C.

• **Acción térmica a temperatura constante**

Basada en la utilización de un valor teórico constante de temperatura que varía según el tipo de elemento a evaluar. Se considera un modelo de acción térmica apropiado para la evaluación de elementos destinados al control del humo, suelos elevados y chimeneas, entre otros.

3.2.2.1. Características del comportamiento frente al fuego

El apartado 5 de la parte 2 de la norma UNE-EN 13501 define las características de comportamiento frente al fuego y los criterios genéricos de evaluación.

Capacidad portante R

La capacidad portante representa la capacidad de un elemento estructural de soportar, durante un período de tiempo y sin pérdida de la estabilidad estructural, la exposición al fuego en una o más caras, bajo acciones mecánicas definidas en las normas UNE-EN 1363-1:2015 o UNE-EN 1363-2:2000.



Los criterios de evaluación del colapso inminente en función del tipo de elemento portante son:

Elementos sometidos a flexión
 (vigas, forjados, cubiertas...)

Velocidad de deformación (tasa de flecha).
 Estado límite de deformación real (flecha total).

Elementos sometidos a cargas axiales
 (muros, pilares...)

Velocidad de deformación (velocidad de contracción).
 Estado límite de deformación real (contracción).

Integridad E

La integridad representa la capacidad que tiene un elemento constructivo con función separadora de soportar la exposición al fuego por una cara, sin que exista propagación a la cara no expuesta causada por el paso de llamas o de gases calientes que puedan producir la ignición de la superficie de la cara no expuesta o de cualquier material adyacente a la misma.



De forma genérica se establecen tres criterios de evaluación:

- Grietas o aberturas que superen las dimensiones establecidas.
- Ignición de un disco de algodón
- Llama mantenida en la cara no expuesta.

Se registra el tiempo en el que falla cada criterio de integridad. Si el elemento se clasifica también en función del aislamiento, el valor de la integridad se determina por el fallo de alguno de los tres criterios establecidos. En caso de no serlo no se toma en consideración la ignición de disco de algodón y se determina por el fallo de alguno de los otros dos.

Si el elemento se clasifica también en función del criterio de capacidad portante, el fallo de este criterio se debe considerar como fallo de la integridad.

Las diferentes normas de ensayo especifican como se deben ensayar los distintos elementos. En el mismo sentido facilitan metodología de ensayo de aspectos específicos que no puedan ser evaluados por procedimientos genéricos.

Aislamiento I

El aislamiento representa la capacidad que tiene un elemento constructivo de soportar la exposición al fuego en un lado, sin que se produzca una transferencia de calor significativa desde el lado expuesto al no expuesto que pueda generar la propagación del incendio.



Esta transferencia térmica debe evitar que se puedan producir la ignición de la superficie de la cara no expuesta o de cualquier material adyacente a la misma.

El criterio de aislamiento térmico que determina esta capacidad limita la elevación media de temperatura en la cara no expuesta a 140 °C por encima de la temperatura media inicial, y a 180 °C la temperatura puntual. Este criterio varía de forma sensible para la evaluación de puertas y cierres de huecos.

Para cierres de huecos se debe usar una de las dos opciones siguientes: I₁ (elevación de la temperatura en el marco de la puerta inferior a 180 °C) o I₂ (elevación de la temperatura en el marco de la puerta inferior a 360 °C) función de unas determinadas condiciones específicas de aislamiento comprobados mediante ensayo.

Si el elemento se clasifica también en función de criterios de capacidad portante o integridad, el fallo de cualquiera de estos criterios implica de forma inmediata el fallo del criterio de aislamiento.

Radiación W

La radiación W es la capacidad de un elemento constructivo para soportar la exposición al fuego en una cara de forma que la radiación en la cara no expuesta no supere los 15 kW/m², medida en que se establece en el ensayo normalizado.

El cumplimiento del criterio de radiación lleva implícito, como mínimo, el cumplimiento del criterio de integridad E. Se identifica añadiendo una W a la clasificación (por ejemplo: EW, REW).

Se considera que un elemento que da cumplimiento a los criterios de aislamiento I también responde a los requisitos W para el mismo período.

Acción mecánica M

La acción mecánica es la capacidad de un elemento constructivo para soportar impactos.

Este criterio se evalúa sometiendo el elemento a una fuerza determinada poco después del período de tiempo de la clasificación R, E o I deseada. El elemento evaluado debe mantener sus características una vez producido el impacto.

Cierre automático C

Cierre automático es la aptitud de una puerta o de un cierre de hueco para cerrar automáticamente, compartimentando, por tanto, una abertura. Se aplica a elementos que normalmente se mantienen abiertos y que deben cerrarse en caso de incendio (ver ficha 1.3).

Estanquidad ante el humo S

Estanquidad ante el humo es la capacidad de un elemento para reducir o eliminar el paso de gases o del humo de un lado a otro del elemento.

Sa, se refiere a estanquidad a temperatura ambiente.

Sm, se refiere a estanquidad, tanto a temperatura ambiente como a 200 °C.

Resistencia al fuego de hollín G

La resistencia al fuego de hollín es una capacidad definida para las chimeneas y sus productos asociados. Esta propiedad contempla capacidades específicas de aislamiento térmico y de estanquidad.

Si los elementos que componen la chimenea se encuentran dentro de un edificio o adyacentes a este, deben cumplir un requisito de aislamiento según el cual la temperatura máxima de los materiales adyacentes no debe exceder de 100 °C, bajo una temperatura ambiente de 20 °C. La clasificación G debe ir seguida por la designación de la distancia necesaria que debe haber, para que se pueda cumplir este requisito, respecto a cualquier producto cuya clase de reacción al fuego sea diferente de A1.

Si, por el contrario, los elementos que componen la chimenea no se encuentran dentro de un edificio o adyacentes a este, únicamente precisan satisfacer el requisito de estanquidad al final del ensayo.

Aptitud de protección ante al fuego K

La aptitud de protección ante el fuego es la capacidad de un revestimiento para proporcionar protección frente a la ignición, carbonización y otros daños al material que se encuentra detrás del revestimiento, durante el período de tiempo determinado.

3.2.2.2. Períodos de clasificación

Los períodos de clasificación frente a cualquiera de las características definidas se establecen, de forma genérica, en función de un escala de valores en minutos establecida (10, 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240 o 360), que representan el período de tiempo en minutos durante el que se mantienen los requisitos de comportamiento. Para cualquiera de los ensayos y de los criterios, el tiempo obtenido en minutos se debe redondear hasta el valor inferior más próximo incluido en uno de los períodos de clasificación definidos.

3.2.2.3. Definición de las características de comportamiento

El sistema de clasificación establece la utilización de las letras de denominación de las características de los elementos de construcción, complementadas con el tiempo en el cual se cumplen los requisitos evaluados, expresado de acuerdo con los períodos de clasificación definidos.

De forma genérica, para elementos portantes, la norma UNE-EN 13501-2:2009 +A1:2010 establece la clasificación **REI tt**, **RE tt** o **R tt**. Esta norma define el período de clasificación **tt** en el que se cumplen, según sea el caso, los criterios de capacidad portante, integridad o aislamiento

De igual modo, para los elementos no portantes, **EI tt** o **E tt** definen el período de clasificación **tt** en el que se cumplen, según sea el caso, los criterios de integridad o aislamiento.

Al combinarse diferentes características, el tiempo declarado debe ser el de la característica que posea el tiempo más corto.

Por ejemplo: un elemento constructivo con una capacidad portante de 110 min, una integridad mediante disco de algodón de 78, una integridad por grietas/lamas de 85 min y un aislamiento de 50 min se debe clasificar R 90 - RE 60 - REI 45.

Adicionalmente, se incluye a estos parámetros el de radiación W cuando cumplan las características definidas durante el período evaluado favorablemente.

La norma establece la posibilidad de ampliación de los parámetros de clasificación mediante el uso de otros parámetros de comportamiento. Dejando de lado los ya definidos M, S y C, se deben tomar en consideración una serie de parámetros que identifican la respuesta a diferentes situaciones:

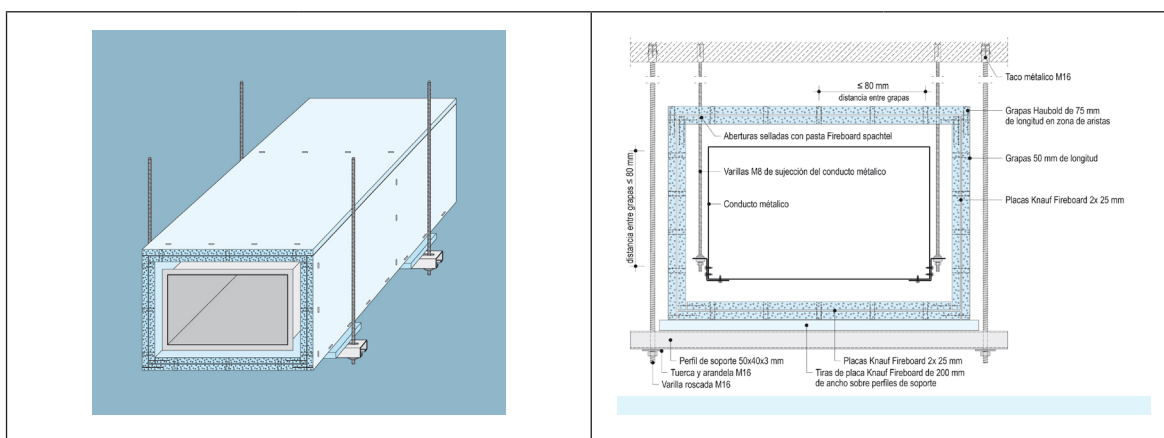
- IncSlow** respuesta a la curva de calentamiento lento.
- sn** respuesta a la curva de fuego seminatural de forma adicional a la exposición normalizada tiempo-temperatura.
- ef** respuesta a la curva de exposición a un fuego externo.
- r** respuesta frente a una acción térmica a temperatura constante de 500 °C.

Los parámetros de clasificación G y K responden a clasificaciones específicas de comportamiento definidas de forma ajena a los parámetros R, E e I.

Paralelamente, se definen características como el sentido en que se cumplen los requisitos de ensayo y la adecuación al uso:

- i→o** elementos ensayados bajo acción de fuego desde el interior hacia el exterior.
- o→i** elementos ensayados bajo acción de fuego desde el exterior hacia el interior.
- i↔o** elementos ensayados bajo acción de fuego en ambos sentidos.
- a→b** elementos ensayados bajo acción de fuego desde arriba.
- b→a** elementos ensayados bajo acción de fuego desde abajo.
- a↔b** elementos ensayados bajo acción de fuego tanto desde arriba como desde abajo.
- v_e** elemento que se puede utilizar adecuadamente en sentido vertical.
- h_o** elemento que se puede utilizar adecuadamente en sentido horizontal.

A modo de ejemplo se presenta una solución constructiva de la marca comercial Knauf con peculiaridades en función de la dirección y sentido de la protección considerada.



Sentido de la protección al fuego

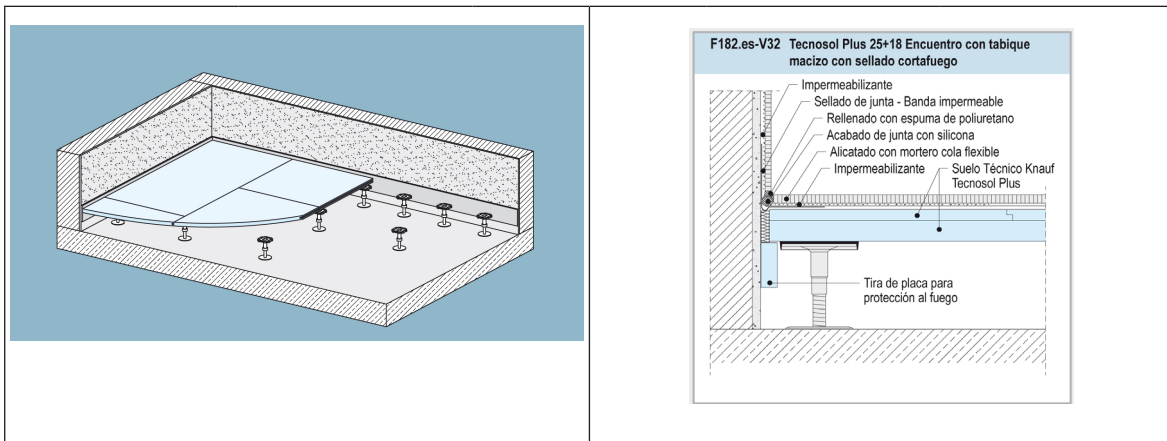
Espesor de placa Fireboard	Posición horizontal	Posición vertical	Resistencia al fuego
	Fuego interior		
2 x 25 mm			EI 120 $(h_0 \text{ i} \rightarrow \text{o})$ N° de ensayo 25707-2 $(v_e \text{ i} \rightarrow \text{o})$ N° de ensayo 27832-2
	Fuego exterior		
2 x 25 mm			EI 180 $(h_0 \text{ o} \rightarrow \text{i})$ N° de ensayo 27662-2 $(v_e \text{ o} \rightarrow \text{i})$ N° de ensayo 28007-2

K27 es Knauf Protección al fuego de conductos de ventilación

Las placas Knauf Fireboard permiten una protección al fuego de conductos metálicos; desde el interior del conducto, hasta 120 minutos, y desde el exterior del conducto, hasta 180 minutos.

Las placas Knauf Fireboard están compuestas por un alma de yeso mezclada con fibra de vidrio y ambas caras recubiertas también con un velo del mismo material. Tienen una clasificación al fuego A1 acreditada mediante el ensayo n° K-3055-995-08 MPA BS.

El sistema Knauf de Protección al fuego de conductos de ventilación K271.es está conformado por una estructura de soporte compuesta por perfiles perforados 50x40x3 mm de espesor suspendidos por varillas roscadas de métrica 16. Sobre estos perfiles se apoyan dos placas Knauf Fireboard, que rodean el perímetro del conducto metálico y van sujetas entre sí por medio de grapas. En las zonas de apoyos del conducto se sitúa una tira de placa de 200 mm de ancho y 25 mm de espesor.



Clasificación	Altura del pedestal	Tipo de pedestal	Espesor de placa	Nº ensayo
REI 30 (desde abajo)	≤ 1000 mm	M 20	≥ 25 mm (Ej.: Tecnosol 25)	07/31201361
REI 60 (desde abajo)	≤ 1000 mm	M 20 M 16	≥ 32 mm (Ej.: Tecnosol 32)	
REI 90 (desde arriba)	REI 90 únicamente desde la parte superior Consulta de detalles del sistema con el departamento técnico de Knauf.		≥ 43 mm (Ej.: Tecnosol 25 + Tecnosol LEP 18)	10/1323-408

F18.es Knauf Suelo Técnico Tecnosol

El suelo técnico Knauf Tecnosol F181.es está compuesto de placas de yeso con fibras en espesores estandarizados de 25, 28 32 y 38 mm. El tamaño de las placas es 1200 x 600 mm con bordes machihembrados provistos de ranuras y lengüetas. Su fijación se realiza por medio del pegamento de juntas.

La altura del suelo técnico se puede ajustar mediante sus pedestales regulables, que tienen un sistema de rosca que permite su correcta nivelación. Dichos pedestales son fijados al suelo base de acuerdo con la capacidad de soporte, por medio de un pegamento.

El sistema Knauf Tecnosol permite realizar instalaciones de cualquier tipo, ya sean cableados, tubos metálicos, conductos de ventilación. Sobre el sistema Tecnosol se pueden montar cualquier tipo de tabique teniendo en cuenta los límites de capacidad de carga. Este sistema permite incrementar la capacidad de carga y aumentar la resistencia al fuego del conjunto.

3.2.2.4. Presentación de las clasificaciones

La combinación de clases y tiempos R, E, I y W deducidas de los datos de ensayo, debidamente complementadas con las denominaciones de parámetros adicionales oportunas y debidamente acreditadas, se presentan según los criterios definidos en el apartado 6.7 de la norma UNE-EN 13501-2:2009 +A1:2010.

Presentación de clasificaciones:

R	E	I	W	t	t	-	M	C	S	IncSolw	sn	ef	r
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------------	-----------	-----------	----------

Presentación de parámetros de comportamiento particulares G y K:

G	dd	dd es la distancia en milímetros
K₁₋₂	tt	tt es el período de clasificación durante el cual se cumple el criterio aptitud de protección ante el fuego (10, 30 o 60 min.)

Se indica a continuación las diferentes clasificaciones y sufijos que de forma más usual las complementan:

Clase	Definición	Criterio de comportamiento
R	Capacidad portante	Limitación de la deformación. Limitación de la velocidad de deformación.
E	Integridad	Ignición del disco de algodón. Grietas y aberturas. Producción de llama sostenida en la cara no expuesta.
I	Aislamiento	Elevación de la temperatura media. Elevación de la temperatura máxima.
W	Radiación	Nivel de radiación máxima.
M	Acción mecánica	Resistencia a impacto.
C	Cierre automático	Cierre automático en caso de incendio.
S	Estanquidad ante el humo	Limitación de la velocidad de fuga.
G	Resistencia al fuego de hollín	Resistencia a la acción térmica de un fuego de hollín.
K	Aptitud de protección ante al fuego	Aptitud de un revestimiento para proteger frente al fuego.
IncSlow	Curva de calentamiento lento	---
sn	Curva de fuego seminatural	---
ef	Curva de exposición a un fuego externo	---
r	Acción térmica a temperatura constante	---
i→o	---	Ensayo bajo acción fuego desde el interior hacia el exterior.
o→i	---	Ensayo bajo acción fuego desde el exterior hacia el interior.
i↔o	---	Ensayo bajo acción fuego en ambos sentidos.
a→b	---	Ensayo bajo acción fuego desde arriba.
b→a	---	Ensayo bajo acción fuego desde abajo.
a↔b	---	Ensayo bajo acción fuego en ambos sentidos – vertical.
v_e	Posibilidad de ser utilizado de forma adecuada en sentido vertical	---
h₀	Posibilidad de ser utilizado de forma adecuada en sentido horizontal	---

Para finalizar el apartado de clasificación de productos y elementos constructivos se realiza una breve comparativa, a modo de recordatorio, entre la clasificación vigente y la derogada por la Directiva 89/106/CEE, traspuesta a través de Real Decreto, y la posterior entrada en vigor del Reglamento (UE) nº 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo de 2011, por el que se establecen las condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción.

Elementos constructivos	Clasificación vigente (Real Decreto 842/2013)	Clasificación derogada
Portantes sin función de separación frente al fuego	Rt	EF-t
Portantes con función de separación frente al fuego	REI t	RF-t
	RE t	PF-t
Particiones con función de separación frente al fuego	EI t	RF-t
	Et	PF-t
Techos con resistencia intrínseca al fuego	EI t	RF-t
Fachadas (muros-cortina) y muros exteriores (incluidos elementos de vidrio)	EI t	RF-t
	Et	PF-t
Suelos elevados	REI t-f	RF-t
Sistemas de obturación de penetraciones de cables y tuberías	EI t	RF-t
Puertas y elementos practicables resistentes al fuego y sus dispositivos de cierre	El ₂ -Ct	RF-t
	E -C t	PF-t
Puertas de piso de ascensor	Et	PF-t
Conductos y patinillos para instalaciones y servicios	EI t	RF-t
Sistemas de obturación (sellado) de penetraciones de cables y tuberías	EI t	RF-t
Conductos de ventilación y compuertas resistentes al fuego (excluidos los utilizados en sistemas de extracción de calor y humo)	EI t	RF-t
Conductos y compuertas para control de humo y calor en un único sector de incendio	E ₆₀₀ t	RF-t o PF-t

3.3. Código Técnico de la Edificación. Documento Básico Seguridad en caso de Incendio

El objetivo del requisito básico “Seguridad en caso de incendio” consiste en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios de un edificio sufran daños derivados de un incendio de origen accidental, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, construirán, mantendrán y utilizarán de forma que, en caso de incendio, se cumplan las exigencias básicas que se establecen en los diferentes apartados del DB SI.

Con esta finalidad, de acuerdo con unas características de resistencia al fuego de los elementos que componen el edificio y sus instalaciones, se limita el riesgo de propagación del incendio tanto por el interior como por el exterior del edificio considerado como a otros edificios, se garantizan las condiciones de los medios de evacuación del edificio para que los ocupantes puedan abandonarlo o alcanzar un lugar seguro dentro del mismo en condiciones de seguridad, y se dota a la estructura portante de la capacidad de mantener su resistencia al fuego durante el tiempo necesario para que puedan cumplirse las exigencias básicas que se establecen en el conjunto del DB SI.

Se relacionan en el siguiente apartado las diferentes referencias a condiciones de resistencia al fuego de los elementos de compartimentación fija a las que hace referencia este documento básico, siempre conforme a las clasificaciones europeas establecidas mediante el Real Decreto 842/2013, de 31 de octubre, y a las normas de ensayo y clasificación que allí se indican.

Es importante tener presente que si un elemento no tiene función portante ni compartimentadora no debe cumplir ninguna condición de resistencia al fuego.

Se omiten aquellos apartados o párrafos en los que no se haga referencia alguna a dichas propiedades. No obstante, se mantendrán las referencias normativas a elementos de compartimentación móvil con el fin de no desvirtuar el contenido normativo a efectos de condiciones de compartimentación.

Se incorporan referencias a las legislaciones que de forma complementaria o supletoria incorporan o modifican las exigencias establecidas.

3.3.1. Propagación interior

Exigencia: se limitará el riesgo de propagación del incendio por el interior del edificio.

1. Condiciones de compartimentación en sectores de incendio

Los edificios se deben compartimentar en sectores de incendio según las condiciones que se establecen en la tabla 1.1 del DB SI 1.

La resistencia al fuego de los elementos separadores de los sectores de incendio debe satisfacer las condiciones que se establecen en la tabla 1.2 del DB SI 1. Como alternativa, excepto en los locales destinados a albergar instalaciones y equipos, cuando, conforme a lo establecido en el DB SI 6, se haya adoptado el tiempo equivalente de exposición al fuego para los elementos estructurales, se puede adoptar ese mismo tiempo para la resistencia al fuego que deben aportar los elementos de compartimentación.

Por su parte, los locales y zonas de riesgo especial integrados en los edificios se clasifican conforme a los grados de riesgo alto, medio y bajo según los criterios que se establecen en la tabla 2.1 del DB SI 1. Los locales y las zonas así clasificados deben cumplir las condiciones que se establecen en la tabla 2.2 de la misma sección del Documento Básico.

Tratados de forma específica, los espacios ocultos, paso de instalaciones a través de elementos de compartimentación de incendios, deben dar cumplimiento a las exigencias del apartado 3 del DB SI 1.

Se recogen en las siguientes tablas las exigencias de resistencia al fuego de elementos de compartimentación fija indicadas en los diferentes apartados del DB SI-1.

Se recuerdan, como consideraciones previas, los siguientes aspectos:

- Considerando la acción del fuego en el interior del sector, excepto en el caso de los sectores de riesgo mínimo, en los que únicamente es preciso considerarla desde el exterior del mismo. Un elemento delimitador de un sector de incendios puede precisar una resistencia al fuego diferente al considerar la acción del fuego por la cara opuesta, según cuál sea la función del elemento por dicha cara: compartimentar una zona de riesgo especial, una escalera protegida, etc.
- Cuando el techo separe de una planta superior, debe tener al menos la misma resistencia al fuego que se exige a las paredes, pero con la característica REI en lugar de EI, al tratarse de un elemento portante y compartimentador de incendios. Cuando sea una cubierta no destinada a actividad alguna, ni prevista para ser utilizada en la evacuación, no precisa tener una función de compartimentación de incendios, por lo que solo debe aportar la resistencia al fuego R que le corresponda como elemento estructural, excepto en las franjas a las que hace referencia el apartado 2 del DB SI-2, en las que dicha resistencia debe ser REI.
- La resistencia al fuego del suelo es función del uso al que esté destinada la zona existente en la planta inferior. Véase apartado 3 de la Sección SI 6 de este DB.

Condiciones generales de compartimentación en sectores	
Uso del edificio o establecimiento	Condiciones
Residencial Vivienda	Los elementos que separan viviendas entre sí deben ser al menos EI 60.
Comercial	Los elementos que separan diferentes establecimientos entre sí deben ser al menos EI 60 en: <ul style="list-style-type: none"> • Establecimientos o centros comerciales que se puedan compartimentar en sectores de incendio de hasta 10.000 m² construidos (los que ocupe en su totalidad un edificio íntegramente protegido con una instalación automática de extinción y cuya altura de evacuación no exceda de 10 m). • Establecimientos o centros comerciales en los que las zonas destinadas al público puedan constituir un único sector de incendio (los que ocupe en su totalidad un edificio exento íntegramente protegido con una instalación automática de extinción y dispongan en cada planta de salidas de edificio aptas para la evacuación de todos los ocupantes de las mismas).

Condiciones generales de compartimentación en sectores	
Uso del edificio o establecimiento	Condiciones
Residencial Público	Toda habitación para alojamiento, así como todo oficio de planta cuya dimensión y uso previsto no obliguen a su clasificación como local de riesgo especial conforme a SI 1-2, deben tener paredes EI 60 y, en establecimientos cuya superficie construida exceda de 500 m ² , puertas de acceso EI2 30-C5.
Pública Concurrencia	<p>Los espacios destinados a público sentado en asientos fijos en cines, teatros, auditorios, salas para congresos, etc., así como los museos, los espacios para culto religioso y los recintos polideportivos, feriales y similares pueden constituir un sector de incendio de superficie construida mayor de 2500 m² siempre que:</p> <ul style="list-style-type: none"> estén compartimentados respecto de otras zonas mediante elementos EI-120; tengan resuelta la evacuación mediante salidas de planta que comuniquen con un sector de riesgo mínimo a través de vestíbulos de independencia, o bien mediante salidas de edificio; los materiales de revestimiento sean B-s1,d0 en paredes y techos y BFL-s1 en suelos; la densidad de la carga de fuego debida a los materiales de revestimiento y al mobiliario fijo no exceda de 200 MJ/m²; no exista sobre dichos espacios ninguna zona habitable. <p>Las cajas escénicas deben constituir un sector de incendio diferenciado EI120 excepto en la boca de la escena, la cual se puede cerrar mediante un telón EI 60 de material incombustible cuyo tiempo de cierre no excede de 30 s y puede soportar una presión de 0,4 kN/m² en ambos sentidos sin que su funcionamiento se vea afectado.</p>
Aparcamiento	<p>En zonas de uso aparcamiento se consideran válidos los sistemas de ventilación conforme a lo establecido en el DB HS-3. Los conductos de estos sistemas que transcurran por un único sector de incendio deben tener una clasificación E300 60. Los que atraviesen elementos separadores de sectores de incendio deben tener una clasificación EI 60</p> <p>Los aparcamientos robotizados dispondrán, en cada sector de incendios en que estén compartimentados, de una vía compartimentada con elementos EI 120 y puertas EI2 60-C5 que permitan el acceso de los bomberos hasta cada nivel existente, así como de un sistema mecánico de extracción de humo capaz realizar tres renovaciones/hora.</p>
Notación complementaria:	
La exigencia de una determinada reacción al fuego de techos y paredes incluye aquellos materiales que constituyan una capa contenida en el interior del techo o pared y que no esté protegida por una capa que sea EI 30 como mínimo.	

Exigencias complementarias o supletorias que se deben considerar:	
ORCPI/08 (art. 1.3, Anexo 3)	
Edificios de altura de evacuación superior a 50 metros.	Para facilitar las tareas de intervención en los edificios, cada ocho plantas se debe disponer de una zona de 25 m ² (superficie libre sin obstáculos) comunicada directamente con la escalera y el vestíbulo de independencia del ascensor de emergencia. Esta zona segura debe formar un sector de incendio EI 180 (a ITC SP 109 hace las mismas consideraciones).

Límites de sector				
Exigencia	Condiciones ⁽¹⁾			
Resistencia al fuego de paredes y techos que separan al sector considerado del resto del edificio, siendo su uso previsto:	Plantas bajo rasante	Plantas sobre rasante en edificio con altura de evacuación:		
		h ≤ 15 m	15 < h ≤ 28 m	h > 28 m
<ul style="list-style-type: none"> Sector de riesgo mínimo en edificio de cualquier uso 	(no se admite)	EI 120	EI 120	EI 120
<ul style="list-style-type: none"> Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo 	EI 120	EI 60	EI 90	EI 120
<ul style="list-style-type: none"> Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario 	EI 120 ⁽²⁾	EI 90	EI 120	EI 180
<ul style="list-style-type: none"> Aparcamiento 	EI 120 ⁽³⁾			
Puertas de paso entre sectores o elementos de compartimentación	EI ₂ t-C5 siendo t la mitad del tiempo de resistencia al fuego requerido a la pared en la que se encuentre, o bien la cuarta parte cuando el paso se realice a través de un vestíbulo de independencia y de dos puertas.			
Acceso a los ascensores que comuniquen sectores de incendio diferentes o bien zonas de riesgo especial con el resto del edificio.	Deben estar compartimentados por elementos constructivos cuya resistencia al fuego sea, como mínimo, la requerida a los elementos separadores de los sectores de incendio o zonas de riesgo especial a los que sirven.			
	Se dispondrá, en cada acceso, de alguno de los siguientes elementos:	Puertas E 30		
		Vestíbulo de independencia con una puerta EI ₂ 30-C5 (siempre exigible en zonas de riesgo especial o de uso aparcamiento).		
Considerando dos sectores, si el más bajo es un sector de riesgo mínimo, o bien si no siéndolo se dispone en él tanto una puerta EI ₂ 30-C5 de acceso al vestíbulo de independencia del ascensor, como una puerta E 30 de acceso al ascensor, en el sector más alto no se precisa ninguna de dichas medidas.				
Compartimentación de escalera protegida respecto al resto del edificio.	EI 120			
Resistencia al fuego de paredes de compartimentación de vestíbulos de independencia	EI 120			

Resistencia al fuego de paredes de elementos separadores de recorridos de evacuación alternativos.	El 30 si se opta por disponer estos elementos entre dos recorridos.
	Estos deben impedir que ambos recorridos puedan quedar simultáneamente bloqueados por el humo y deben tener una resistencia al fuego.
(1) Como alternativa se puede adoptar el tiempo equivalente de exposición al fuego, determinado conforme a lo establecido en el apartado 2 del Anejo SI B. (2) El 180 si la altura de evacuación del edificio es mayor que 28 m. (3) El 180 si es un aparcamiento robotizado.	
Notación complementaria:	
Entre recorridos alternativos, si se opta por disponer de elementos separadores, estos deben impedir que ambos recorridos puedan quedar simultáneamente bloqueados por el humo y deben tener una resistencia al fuego EI 30.	

De forma tradicional la solución de la compartimentación se ha realizado por medio de elementos de fábrica (Anejo F DB SI del CTE). No obstante, se deben contemplar las soluciones de construcción en seco.

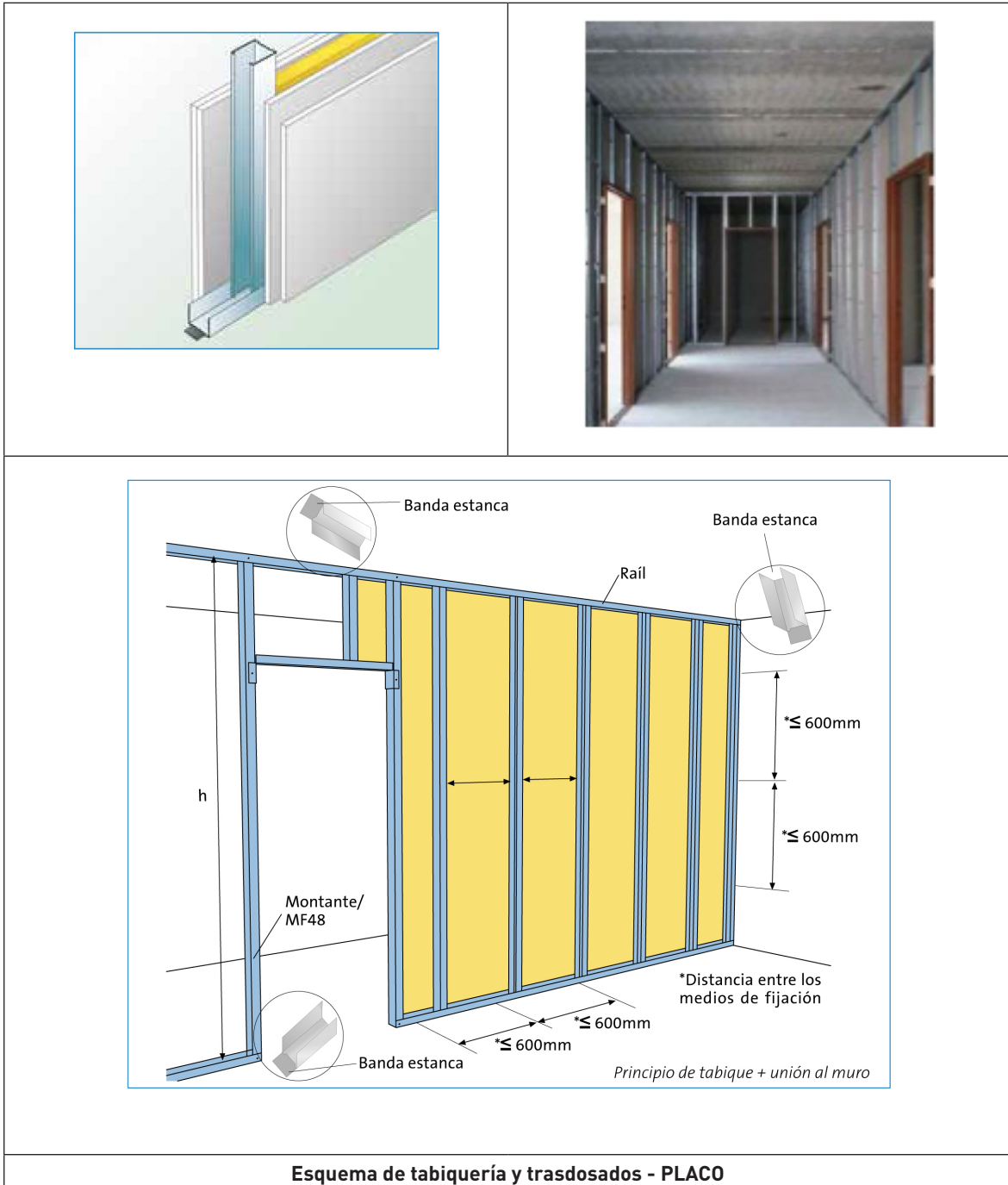
		
Ladrillo hueco	Ladrillo perforado	Ladrillo macizo
		
Bloque arcilla ligera	Bloque de hormigón	

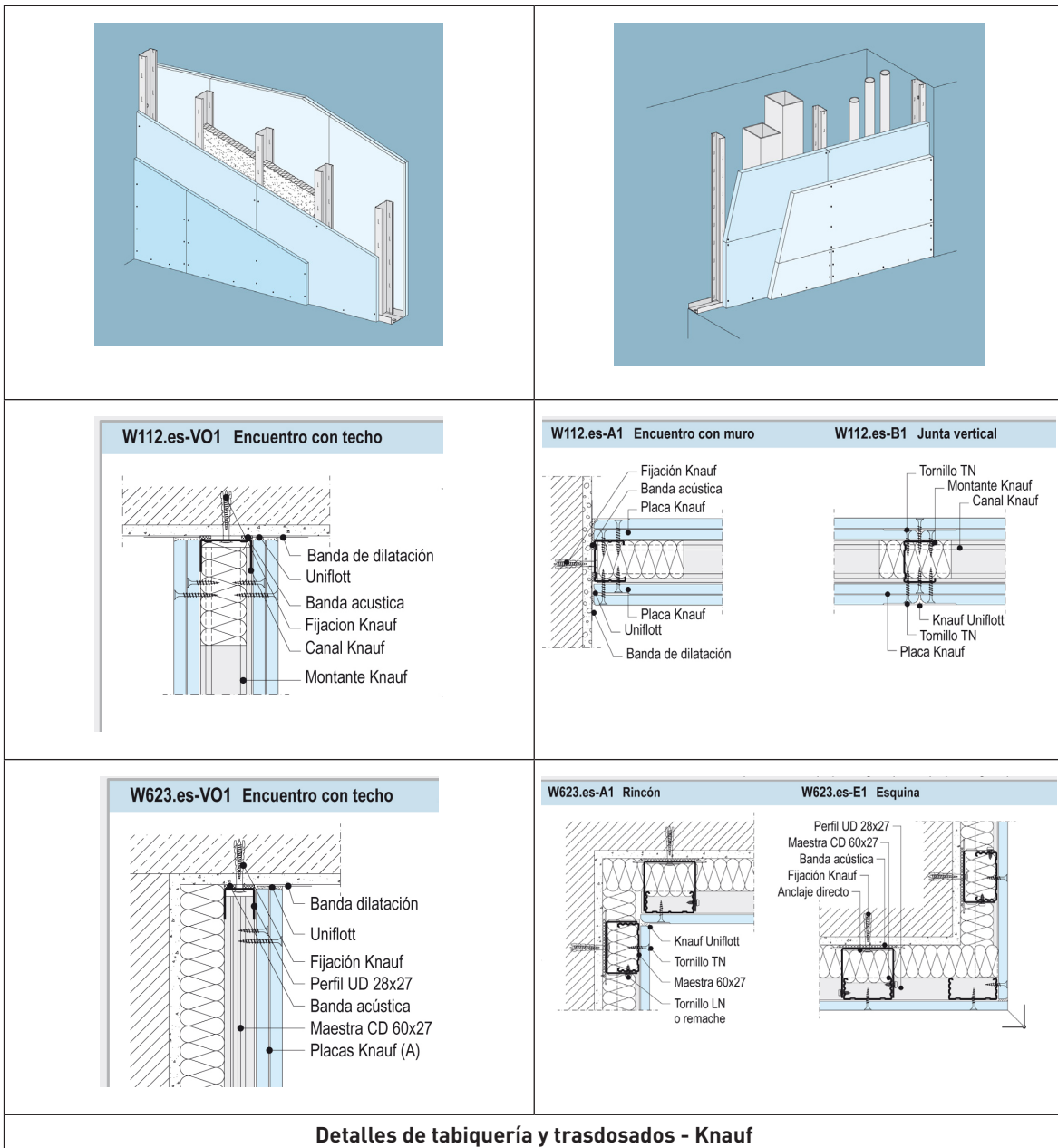
Siguiendo el párrafo anterior, actualmente es habitual solucionar la compartimentación mediante tabiques de placa de yeso laminado (Placo, Knauff, etc.) que son particiones no portantes, que están formadas por una estructura metálica ligera de acero galvanizado, sobre la que se atornillan a ambos lados una o varias placas de yeso laminado. En el DB-HR del CTE, son los sistemas denominados como particiones interiores verticales de entramado autoportante. Una vez tratadas sus juntas adecuadamente con cintas y pastas de juntas, se obtienen paramentos continuos terminados y preparados para su acabado final.

Sus diferentes prestaciones se obtienen modificando los elementos que lo componen:

- Tipo y número de placas de yeso empleadas.
- Dimensiones de la estructura metálica.
- Incorporación de lana mineral como material aislante.

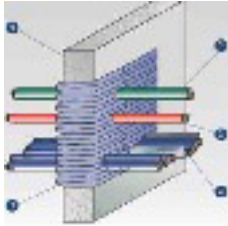
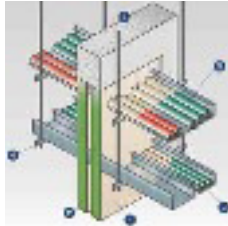
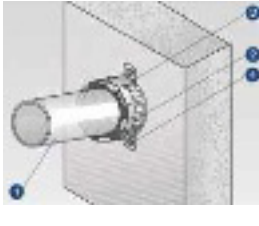
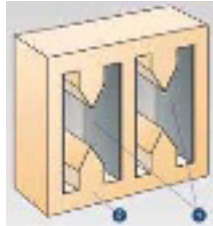
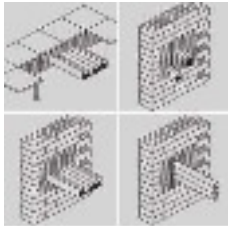
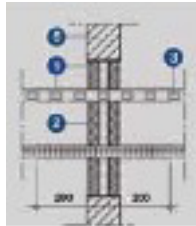
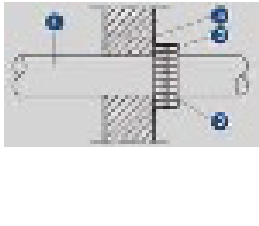
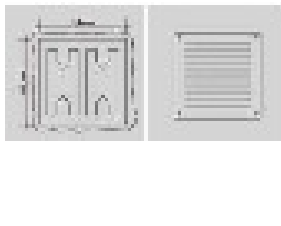
Los tabiques y trasdosados se adaptan a todos los tipos de obras, tanto en nuevas construcciones, como en obras de rehabilitación, en los diferentes usos que establece el CTE.



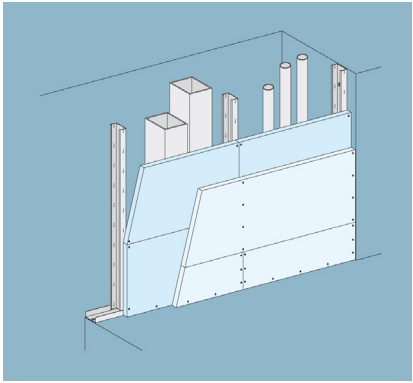
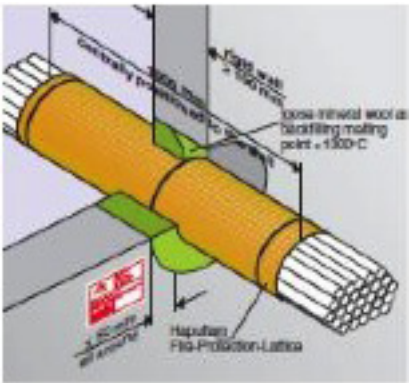


Espacios ocultos y pasos de instalaciones
Se debe asegurar, por alguna de las siguientes opciones, la compartimentación de los espacios ocupables:
<ul style="list-style-type: none"> dando continuidad a la compartimentación de los espacios ocupables; compartimentando los espacios ocultos respecto los espacios ocupables por medio de cerramientos EI t y registros de mantenimiento EI t/2.
Se debe asegurar, por alguna de las siguientes opciones, la compartimentación en los puntos en los que los elementos de compartimentación son atravesados por elementos de las instalaciones, excluidas las penetraciones cuya sección de paso no exceda de 50 cm ² :
<ul style="list-style-type: none"> disponer un elemento que, en caso de incendio, obture automáticamente la sección de paso y garantice en dicho punto una resistencia EI t al menos igual a la del elemento atravesado; disponer elementos pasantes que aporten una resistencia EI t al menos igual a la del elemento atravesado.
Notación complementaria:
Para el control de humo de incendio, en zonas de uso Aparcamiento, los conductos que transcurran por un único sector de incendio deben tener una clasificación E ₃₀₀ 60. Los que atraviesen elementos separadores de sectores de incendio deben tener una clasificación EI 60.

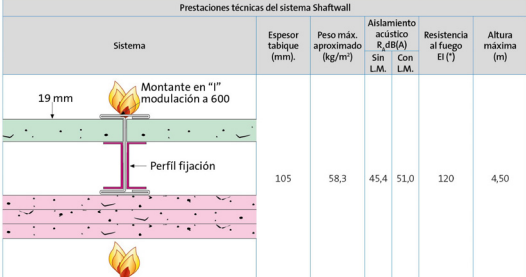
Por otro lado están los sistemas que, en caso de incendio, obturan automáticamente la sección de paso y garantizan en los puntos de paso de instalaciones una resistencia EI t al menos igual a la del elemento atravesado son:

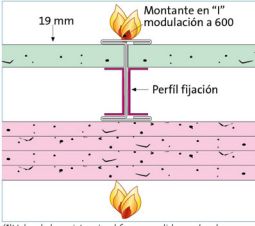
			
			
Sacos intumescentes	Paneles de lana de roca	Collarín intumescente	Módulos preconformados

Elementos pasantes que, en caso de incendio, aportan una resistencia $EI t$ al menos igual a la del elemento atravesado son:

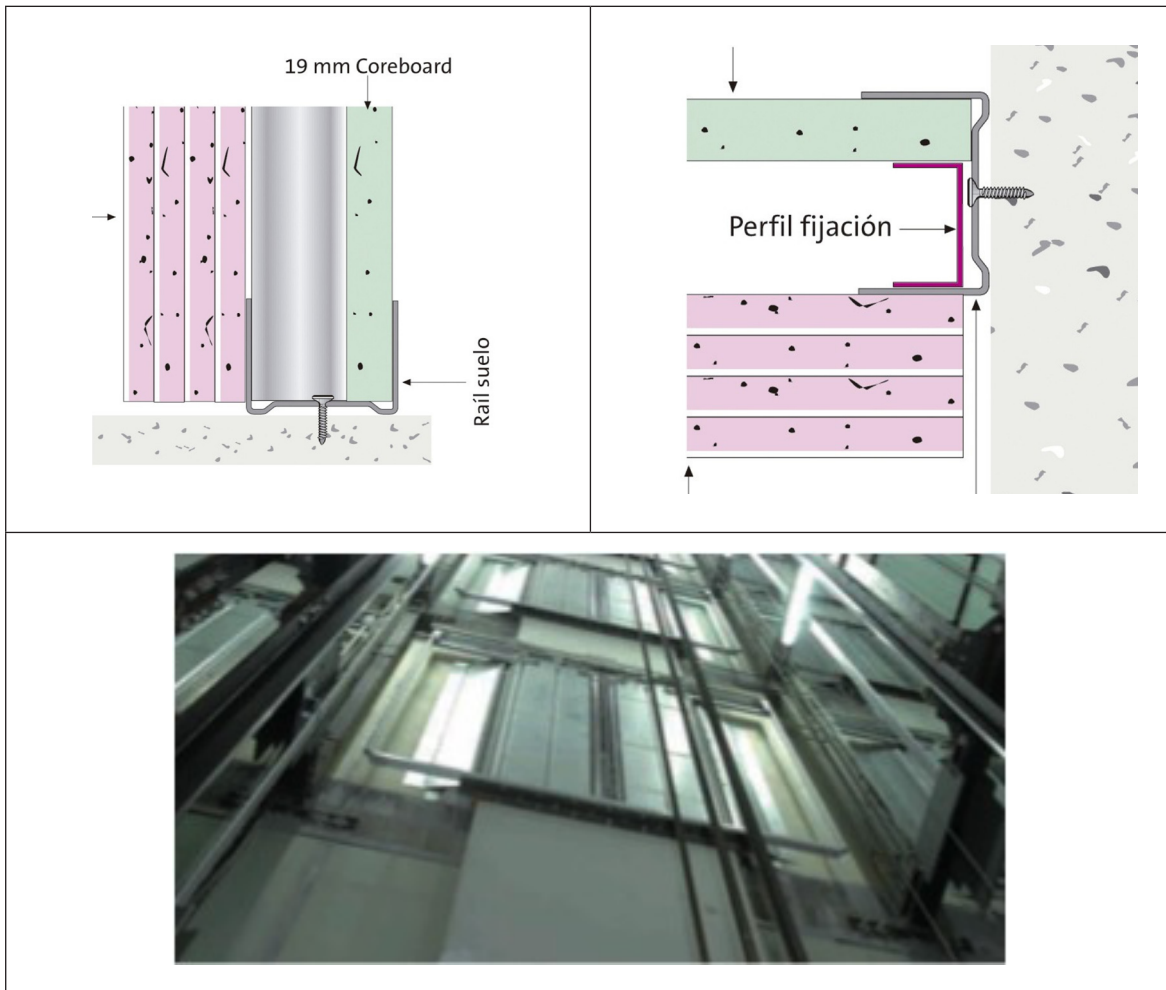
	
<p>W62.es Knauf trasdosados autoportantes</p>	<p>Sistema de aislamiento: vendaje - Malla HAPUFLAM</p>

Otra solución particular, en este sentido, son los sistemas para cierres de los huecos de ascensor, de escaleras, así como de patinillos de instalaciones para número elevado de plantas:

Prestaciones técnicas del sistema Shaftwall					
Sistema	Espesor tabique (mm).	Peso máx. aproximado (kg/m ²)	Aislamiento acústico R _w (dB(A)) Sin L.M. / Con L.M.	Resistencia al fuego EI (*)	Altura máxima (m)
	105	58,3	45,4 / 51,0	120	4,50

	120	70,8	47,0	52,2	180	4,50
--	-----	------	------	------	-----	------

(*) Valor de la resistencia al fuego medido por las dos caras del tabique, al ser un sistema asimétrico.



Detalles y prestaciones técnicas del sistema SHAFTWALL – PLACO (EI 120 – EI 180)

El sistema de altas prestaciones Shaftwall aporta soluciones constructivas para la compartimentación de huecos de ascensor y escaleras, mediante las prestaciones de resistencia contra el fuego. Las particiones y cierres de los huecos de ascensor, de escaleras, así como de los patinillos de instalaciones, son un elemento de seguridad en los edificios de un número elevado de plantas. Los tabiques realizados con el sistema Shaftwall son la mejor solución para evitar la propagación de un incendio a través de los huecos de ascensores o de escaleras, y aportan una resistencia al fuego de hasta tres horas (por las dos caras) en soluciones constructivas no portantes a base de placa de yeso laminado.

El sistema Shaftwall es un sistema asimétrico compuesto por placas de yeso laminado del tipo PPF de 15 mm de espesor y placas Coreboard de 19 mm de espesor que se fijan a una estructura metálica autoportante compuesta por raíles en forma de "U" y montantes en "I", lo que permite su montaje desde el exterior del hueco del ascensor o de la escalera, sin necesidad de emplear andamios auxiliares de gran altura. Permite por tanto su instalación como tabique de altas prestaciones frente al fuego entre dos elementos, donde la instalación por ambas caras no sería viable.

2. Locales y zonas de riesgo especial

Los locales y zonas de riesgo especial integrados en los edificios se clasifican conforme a los grados de riesgo alto, medio y bajo según los criterios que se establecen en la tabla 2.1 del DB SI 1. Los locales y las zonas así clasificados deben cumplir las condiciones que se establecen en la tabla 2.2 de la misma sección del Documento Básico.

Los locales destinados a albergar instalaciones y equipos regulados por reglamentos específicos, tales como transformadores, maquinaria de aparatos elevadores, calderas, depósitos de combustible, contadores de gas o electricidad, etc. se rigen, además, por las condiciones que se establecen en dichos reglamentos y, por lo tanto, sus condiciones pueden ser aún más restrictivas.

Locales y zonas de riesgo especial			
Exigencia	Condiciones		
	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo alto
Resistencia al fuego de paredes y techos ⁽²⁾ que separan zonas de riesgo del resto del edificio ^{(1) (3)}	EI 90	EI 120	EI 180
Puertas de comunicación con el resto del edificio	EI ₂ 45 - C5	2 x EI ₂ 30 - C5	2 x EI ₂ 45 - C5

1) El tiempo de resistencia al fuego no debe ser menor que el establecido para los sectores de incendio del uso al que sirve el local de riesgo especial, conforme a la tabla 1.2, excepto cuando se encuentre bajo una cubierta no prevista para evacuación y cuyo fallo no suponga riesgo para la estabilidad de otras plantas ni para la compartimentación contra incendios, en cuyo caso puede ser R 30. Excepto en los locales destinados a albergar instalaciones y equipos, se puede adoptar como alternativa el tiempo equivalente de exposición al fuego determinado conforme a lo establecido en el apartado 2 del Anejo SI B.

2) Cuando el techo separe de una planta superior, debe tener al menos la misma resistencia al fuego que se exige a las paredes, pero con la característica REI en lugar de EI al tratarse de un elemento portante y compartimentador de incendios. En cambio, cuando sea una cubierta no destinada a actividad alguna, ni prevista para ser utilizada en la evacuación, no precisará tener una función de compartimentación de incendios, por lo que solo debe aportar la resistencia al fuego R que le corresponda como elemento estructural, excepto en las franjas a las que hace referencia el capítulo 2 de la Sección SI 2, cuya resistencia debe ser REI.

3) Considerando la acción del fuego en el interior del recinto.
 La resistencia al fuego del suelo es función del uso al que esté destinada la zona existente en la planta inferior. Véase apartado 3 del DB SI-6.

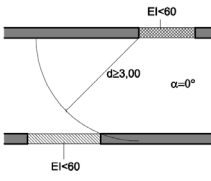
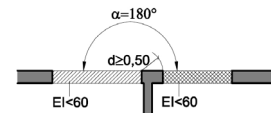
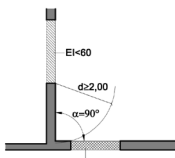
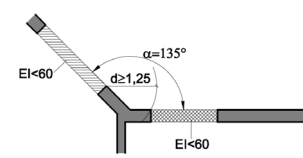
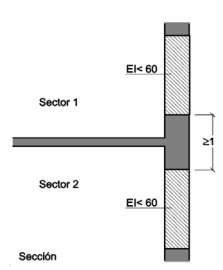
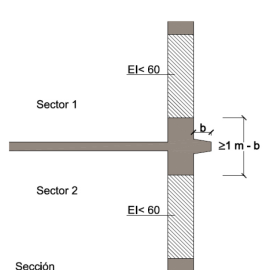
3.3.2. Propagación exterior

Exigencia: se limitará el riesgo de propagación del incendio por el exterior, tanto en el edificio considerado como a otros edificios.

Los edificios deben disponer de condiciones que permitan limitar el riesgo de propagación del incendio por el exterior, tanto en el edificio considerado como a otros edificios. Para ello los elementos de cerramiento del edificio deben satisfacer las condiciones establecidas en los diferentes apartados del DB SI-2.

Medianerías	
Exigencia	Condiciones
Resistencia al fuego de los elementos verticales separadores de otro edificio.	≥ EI 120

Cubiertas																				
Exigencia	Condiciones																			
Resistencia al fuego de una cubierta para limitar el riesgo de propagación a través de la misma <ul style="list-style-type: none"> Entre dos edificios. Entre dos sectores de incendio. Entre una zona de riesgo especial alto y otras zonas. 	La cubierta tendrá una REI 60 en: <ul style="list-style-type: none"> Franja de 0,50 metros medida desde el edificio colindante. Franja de 1 metro sobre el encuentro con elementos de compartimentación. 																			
	Alternativamente se puede optar por prolongación de 0,60 metros de medianera o elemento de compartimentación por encima del acabado de la cubierta.																			
Resistencia al fuego para limitar el riesgo de propagación en el encuentro entre una cubierta y una fachada. <ul style="list-style-type: none"> Entre dos edificios. Entre dos sectores de incendio 	Separación entre puntos de cubierta y fachada < EI 60 función de las distancias d y h en metros.																			
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>d</th> <th>≥2,5</th> <th>2,00</th> <th>1,75</th> <th>1,50</th> <th>1,25</th> <th>1,00</th> <th>0,75</th> <th>0,50</th> <th>0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>m</td> <td>0</td> <td>1,00</td> <td>1,50</td> <td>2,00</td> <td>2,50</td> <td>3,00</td> <td>3,50</td> <td>4,00</td> <td>5,00</td> </tr> </tbody> </table> <div style="text-align: center;"> <p>Encuentro cubierta-fachada</p> </div> <p>d. distancia en proyección de la fachada a cualquier zona de cubierta < EI 60.</p> <p>h. sobre la cubierta a la que deberá estar cualquier zona de fachada < EI 60.</p>	d	≥2,5	2,00	1,75	1,50	1,25	1,00	0,75	0,50	0	m	0	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
d	≥2,5	2,00	1,75	1,50	1,25	1,00	0,75	0,50	0											
m	0	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	5,00											

Fachadas															
Exigencia	Condiciones														
Resistencia al fuego para limitar el riesgo de propagación exterior horizontal. <ul style="list-style-type: none"> Entre dos edificios. Entre dos sectores de incendio. Entre una zona de riesgo especial alto y otras zonas. Hacia un recinto protegido desde otras zonas. 	Separación d (m) en proyección horizontal entre puntos de fachadas $< EI\ 60$ en función del ángulo α formado por los planos exteriores de dichas fachadas (valores intermedios, por interpolación lineal).														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>α°</th> <th>0°</th> <th>45°</th> <th>60°</th> <th>90°</th> <th>135°</th> <th>180</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>d</td> <td>3,00</td> <td>2,75</td> <td>2,50</td> <td>2,00</td> <td>1,25</td> <td>0,50</td> </tr> </tbody> </table>	α°	0°	45°	60°	90°	135°	180	d	3,00	2,75	2,50	2,00	1,25	0,50
	α°	0°	45°	60°	90°	135°	180								
	d	3,00	2,75	2,50	2,00	1,25	0,50								
	Cuando se trate de edificios diferentes y colindantes, los puntos de la fachada del edificio considerado que no sean al menos $EI\ 60$ cumplirán el 50% de la distancia d hasta la bisectriz del ángulo formado por ambas fachadas.														
 <p>Fachadas enfrentadas</p>	 <p>Fachadas a 180°</p>														
 <p>Fachadas a 90°</p>	 <p>Fachadas a 135°</p>														
Resistencia al fuego para limitar el riesgo de propagación exterior vertical. <ul style="list-style-type: none"> Entre dos sectores de incendio Entre una zona de riesgo especial alto y otras zonas Hacia un recinto protegido desde otras zonas. 	Separación de 1 metro en proyección vertical entre puntos de fachadas $< EI\ 60$, medida sobre el plano de la fachada.														
	En caso de existir elementos salientes aptos para impedir el paso de las llamas, la altura de dicha franja se podrá reducir en la dimensión del citado saliente.														
	 <p>Encuentro forjado-fachada</p>	 <p>Encuentro forjado- fachada con saliente</p>													
Exigencias complementarias o supletorias que se deben considerar:															
ORCPI/08 (art. 2.1, Anexo 3)															
Edificios de altura de evacuación superior a 50 metros.	Las escaleras exteriores se deben separar como mínimo 1,5 m de los cerramientos de fachada que no sean al menos $EI\ 60$.														

3.3.3. Resistencia al fuego de la estructura

Exigencia: la estructura portante mantendrá su resistencia al fuego durante el tiempo necesario para que puedan cumplirse las exigencias básicas del DB SI 1 al DB SI 5.

Se considera que la resistencia al fuego de un elemento estructural principal del edificio (incluidos forjados, vigas y soportes), es suficiente si:

- a) alcanza la clase indicada en la tabla 3.1 o 3.2 de DB SI 6, que representa el tiempo en minutos de resistencia ante la acción representada por la curva normalizada tiempo temperatura, o
- b) soporta dicha acción durante el tiempo equivalente de exposición al fuego indicado en el Anejo B.

Se debe tener en cuenta que, según el artículo 5 del Anexo 1 ORCPI/08, de aplicación en el ámbito de la ciudad de Barcelona, para el cálculo del tiempo de resistencia al fuego de una estructura, únicamente se podrá utilizar el método del tiempo equivalente de exposición al fuego en aquellos tipos de edificaciones en que, por su singularidad, se pueda considerar que el tiempo de resistencia al fuego indicado en la tabla 3.1. de la sección SI 6 es excesivo.

Se recuerdan, como consideraciones previas, los siguientes aspectos:

- La resistencia al fuego suficiente R de los elementos estructurales de un suelo que separa sectores de incendio es función del uso del sector inferior. Los elementos estructurales de suelos que no delimitan un sector de incendios, sino que están contenidos en él, deben tener al menos la resistencia al fuego suficiente R que se exige para el uso de dicho sector.

Elementos estructurales principales				
Exigencia	Condiciones			
Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales en función del uso previsto del sector:	Plantas bajo rasante	Plantas sobre rasante en edificio con altura de evacuación:		
		$h \leq 15 \text{ m}$	$15 < h \leq 28 \text{ m}$	$h > 28 \text{ m}$
• Vivienda unifamiliar ⁽¹⁾	R 30	R 30	-	-
• Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	R 120	R 60	R 90	R 120
• Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	R 120 ⁽²⁾	R 90	R 120	R 180
• Aparcamiento (edificio de uso exclusivo o situado sobre otro uso)	R 90			
• Aparcamiento (situado bajo un uso distinto)	R 120 ⁽³⁾			
(1) En viviendas unifamiliares agrupadas o adosadas, los elementos que formen parte de la estructura común tendrán la resistencia al fuego exigible a edificios de uso Residencial Vivienda. (2) R 180 si la altura de evacuación del edificio excede de 28 m. (3) R 180 cuando se trate de aparcamientos robotizados.				
Notación complementaria:				
La exigencia de una determinada reacción al fuego de techos y paredes incluye aquellos materiales que constituyan una capa contenida en el interior del techo o pared y que no esté protegida por una capa que sea EI 30 como mínimo.				
Todo suelo que, teniendo en cuenta lo anterior, deba garantizar un resistencia al fuego R, debe ser accesible al menos por una escalera que garantice esa misma resistencia al fuego o que sea protegida.				

Los locales y zonas de riesgo darán cumplimiento con las determinaciones de la tabla 2.2 del DB SI 1.	
Resistencia al fuego de los elementos estructurales principales de las de cubiertas ligeras $\geq R 30$ si responden a la siguiente caracterización: <ul style="list-style-type: none"> • Carga permanente $\leq 1 \text{ kN/m}^2$ (debida únicamente a su cerramiento) • Altura respecto de la rasante exterior $\leq 28 \text{ m}$ • No previstas para ser utilizadas en la evacuación de los ocupantes • Su fallo no pueda ocasionar daños graves a los edificios o establecimientos próximos, ni comprometer la estabilidad de otras plantas inferiores o la compartimentación de los sectores de incendio 	
Resistencia al fuego de los elementos estructurales principales contenidos en recintos protegidos $\geq R 30$.	
La resistencia al fuego de los elementos estructurales principales contenidos en, especialmente, recintos protegidos no es exigible.	
Exigencias complementarias o supletorias que se deben considerar:	
ORCPI/08 (art. 3.1, Anexo 3)	
Edificios de altura de evacuación superior a 50 metros.	En cualquier uso la resistencia al fuego de la estructura debe ser como mínimo R 180.

Locales y zonas de riesgo especial			
Exigencia	Condiciones		
	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo alto
Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales de zonas de riesgo especial integradas en los edificios ⁽¹⁾ .	R 90	R 120	R 180
(1) No será inferior al de la estructura portante de la planta del edificio excepto cuando la zona se encuentre bajo una cubierta no prevista para evacuación y cuyo fallo no suponga riesgo para la estabilidad de otras plantas ni para la compartimentación contra incendios, en cuyo caso puede ser R 30. La resistencia al fuego suficiente R de los elementos estructurales de un suelo de una zona de riesgo especial es función del uso del espacio existente bajo dicho suelo.			

Elementos estructurales secundarios	
Exigencia	Condiciones
Resistencia al fuego no requerida para los elementos estructurales secundarios, como puede ser el caso de pequeñas entreplantas o de suelos o escaleras de construcción ligera, etc.	Que su colapso ante la acción directa del incendio no pueda generar las siguientes consecuencias: <ul style="list-style-type: none"> • Ocasionar daños a los ocupantes. • Comprometer la estabilidad global de la estructura. • Comprometer la evacuación. • Comprometer la compartimentación en sectores de incendio del edificio.
Estructuras sustentantes de cerramientos formados por elementos textiles, tales como carpas.	R 30 No exigible Cuando estos cerramientos, además de ser clase M2 conforme a UNE 23727:1990, posean el certificado de ensayo que acredita la perforación del elemento.

Diferentes soluciones constructivas proporcionan protección pasiva a estructuras en caso de ser requerida. Su descripción es objeto de la ficha 1.4. Estabilidad al fuego. Protección estructural.

3.3.4. Anejos al Documento Básico Seguridad en caso de Incendio

En Anejo SI A “Terminología” es el único que incorpora exigencias en materia de resistencia al fuego de elementos de compartimentación fija, ya recogidas en apartados anteriores del presente documento. Los anejos del B al F se corresponden con herramientas para la justificación de las exigencias básicas establecidas en el documento básico. Su contenido y aplicación práctica se incorporan dentro de los apartados siguientes. Por su parte, el Anejo SI G “Normas relacionadas con la aplicación del DB SI” enumera las normas relacionadas con la aplicación del Documento Básico en cuestión. Tanto estas como las que se dictan en el resto de legislación aplicable y que se refieren a resistencia al fuego y elementos de sectorización fija quedan recogidas dentro del apartado 2.3. de la presente ficha.

3.4. Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales

Este Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales, en adelante RSCIEI, tiene por objeto establecer y definir los requisitos que deben satisfacer y las condiciones que deben cumplir los establecimientos e instalaciones de uso industrial para su seguridad en caso de incendio, para prevenir su aparición y para dar la respuesta adecuada, en caso de producirse, limitar su propagación y posibilitar su extinción, con el fin de anular o reducir los daños o pérdidas que el incendio pueda producir a personas o bienes.

En este sentido los Anexos I y II establecen parámetros de clasificación de los establecimientos y los requerimientos relativos a resistencia al fuego de elementos constructivos exigibles en función de la misma.

El Anexo III no incluye ninguna referencia explícita a requerimientos relativos a resistencia al fuego de elementos constructivos.


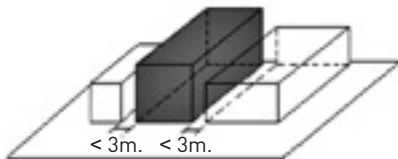
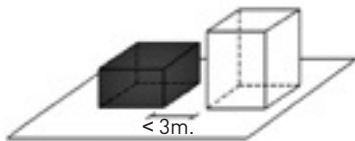
Por su parte, el Anexo IV presenta una relación de normas de obligado cumplimiento en la aplicación del Reglamento de las que, en la medida en que hagan referencia a condiciones de resistencia al fuego, se ha hecho mención expresa en el apartado 2.3 de la presente ficha.

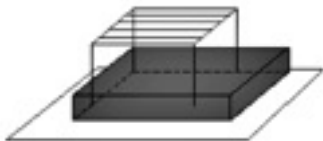
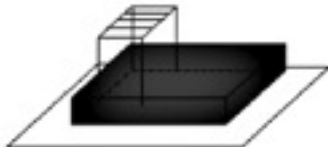
3.4.1. Caracterización de los establecimientos industriales.

El RSCIEI define como establecimiento al conjunto de edificios, edificio, zona de este edificio, instalación o espacio abierto de uso industrial o almacén, destinado a ser utilizado bajo una titularidad diferenciada y cuyo proyecto de construcción o reforma, así como el inicio de la actividad prevista, sea objeto de control administrativo.

En el Anexo I del Reglamento se lleva a cabo una caracterización de los establecimientos industriales por su configuración y ubicación con relación a su entorno y por su nivel de riesgo intrínseco.

Los establecimientos industriales quedan clasificados en cinco configuraciones dependiendo de si están ubicados en un edificio o en espacios abiertos que no constituyen un edificio. Considerando que si en un establecimiento industrial coexisten diferentes configuraciones, los requisitos del Reglamento se aplicarán de forma diferenciada para cada una de ellas.

Establecimientos ubicados en un edificio		
TIPO A		El establecimiento industrial ocupa parcialmente un edificio que tiene, además, otros establecimientos, ya sean estos de uso industrial o de otros usos.
TIPO B		El establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio que está adosado a otro u otros edificios, o a una distancia igual o inferior a tres metros de otro u otros edificios, de otro establecimiento, ya sean estos de uso industrial o bien de otros usos. Para establecimientos industriales que ocupen una nave adosada con estructura compartida con las contiguas, que en todo caso deberán tener cubierta independiente, se admitirá el cumplimiento de las exigencias correspondientes al tipo B, siempre que se justifique técnicamente que el posible colapso de la estructura no afecte a las naves colindantes.
TIPO C		El establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio, o varios, en su caso, que está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos. Dicha distancia deberá estar libre de mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar el incendio.
Exigencias complementarias o supletorias:		
<ul style="list-style-type: none"> Instrucción técnica complementaria SP 119 "Determinación de la configuración de los establecimientos industriales". 		

Establecimientos ubicados en espacios abiertos que no constituyen un edificio		
TIPO D		El establecimiento industrial ocupa un espacio abierto, que puede estar totalmente cubierto, alguna de cuyas fachadas carece totalmente de cerramiento lateral.
TIPO E		El establecimiento industrial ocupa un espacio abierto que puede estar parcialmente cubierto (hasta un 50 por ciento de su superficie), alguna de cuyas fachadas en la parte cubierta carece totalmente de cerramiento lateral.

El nivel de riesgo intrínseco por el que se clasificará a los establecimientos se determina calculando la densidad de carga de fuego ponderada y corregida de los distintos sectores o áreas de incendio que configuran el establecimiento industrial, según se determina en los apartados 3.2, 3.3 y 3.4 del Anexo I del Reglamento. Una vez calculada esta, el nivel de riesgo intrínseco se deduce de la tabla 1.3 del mismo anexo.

En este sentido se deben tener en cuenta:

- ORCPI/08 Artículo 3 del Anexo 2 “Caracterización de los establecimientos”.
- ITC SP 107 Cálculo de la carga de fuego en actividades de almacenaje”.
- ITC SP 103 Carga de fuego para establecimientos dedicados a la elaboración, cavas y almacenes de bebidas con alcohol”.

Clasificados los establecimientos industriales y asignado un nivel de riesgo intrínseco, se definen los requisitos exigibles al establecimiento.

3.4.2. Requisitos constructivos de los establecimientos industriales

En diferentes apartados del Anexo II del RSCIEI se encuentran exigencias relativas a las condiciones de resistencia al fuego de los elementos constructivos portantes y de compartimentación o cerramiento.

En el apartado 1 del Anexo II del RSCIEI se establecen una serie de definiciones para algunos términos incluidos en él. Los conceptos de este reglamento que se deben tomar en consideración en esta ficha quedan recogidos dentro del apartado 3.1. de la misma.

En el apartado 2 del Anexo II del RSCIEI se determina, en función de la configuración del establecimiento industrial y de su nivel de riesgo intrínseco, la superficie construida máxima admisible de cada sector de incendio según lo indicado en la tabla 2.1. del mismo.

En el apartado 3 del Anexo II del RSCIEI se definen las exigencias de comportamiento frente al fuego de los productos de la construcción (aspectos objeto de la ficha 1.1).

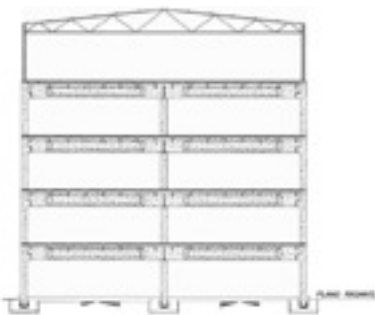
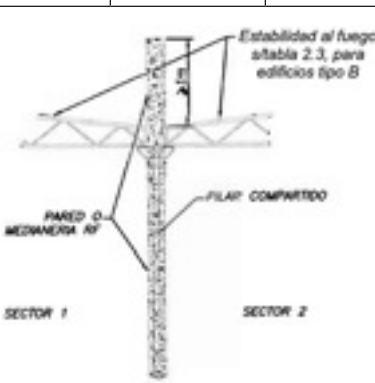
No obstante, aparece una exigencia compensatoria que se debe tomar en consideración:

El 30 es la resistencia exigible para la capa y su revestimiento, en su conjunto, cuando un producto que constituya una capa contenida en un suelo, pared o techo sea de una clase más desfavorable que la exigida al revestimiento correspondiente, según el apartado 3.1.

En los apartados 4 y 5 del Anexo II del RSCIEI se determinan las exigencias de comportamiento ante el fuego de los elementos constructivos portantes, delimitadores de sectores de incendio o de cerramiento todo establecimiento industrial.

Estas exigencias se definen por el tiempo en minutos durante los que dicho elemento debe mantener las condiciones de capacidad portante R, integridad al paso de llamas y gases calientes E y aislamiento térmico I que les sean propias de la función encomendada.

La estabilidad ante al fuego, exigible a los elementos constructivos portantes en los sectores de incendio de un establecimiento industrial, se puede determinar mediante la adopción de los valores que se establecen en el apartado 4 del Anexo II del RSCIEI, o más favorables o por procedimientos de cálculo, analítico o numérico, de reconocida solvencia o justificada validez.


Condiciones exigidas de estabilidad al fuego					
Exigencias			Condiciones		
Estabilidad al fuego de los elementos estructurales portantes en función de su tipo			Nivel de riesgo intrínseco		
			Bajo	Medio	Alto
TIPO A	Elementos estructurales portantes y escaleras que sean recorrido de evacuación ⁽¹⁾	Planta sótano	R 120	No admitido	No admitido
		Planta sobre rasante	R 90	R 120	No admitido
	Estructura principal de cubiertas ligeras	Edificios exentos ⁽³⁾	No exigible	R 15	R 30
					
		Edificios industriales con medianerías ⁽⁴⁾	R 15	R 30	R 60
					
Estructura portante en edificios de una sola planta con cubierta ligera ⁽⁵⁾			R 60	R 90	No admitido
TIPO B	Elementos estructurales portantes y escaleras que sean recorrido de evacuación ⁽¹⁾	Planta sótano	R 90	R 120	R 180
		Planta sobre rasante	R 60	R 90	R 120
	Estructura principal de cubiertas ligeras y sus soportes ⁽²⁾		R 15	R 30	R 60
	Estructura portante en edificios de una sola planta con cubierta ligera ⁽⁵⁾		No exigible	R 15	R 30

Condiciones exigidas de estabilidad al fuego					
Exigencias			Condiciones		
TIPO C	Elementos estructurales portantes y escaleras que sean recorrido de evacuación ⁽¹⁾	Planta sótano	R 60	R 90	R 120
		Planta sobre rasante	R 30	R 60	R 90
	Estructura principal de cubiertas ligeras y sus soportes ⁽²⁾		No exigible	R 15	R 30
	Estructura portante en edificios de una sola planta con cubierta ligera ⁽⁵⁾		No exigible	No exigible	R 15
<p>Se permite la adopción de los valores expuestos:</p> <p>(1) Siempre que, en caso de tratarse de establecimientos industriales ubicados en edificios con otros usos, estos valores no sean inferiores a los exigidos al conjunto del edificio en aplicación de la normativa que corresponda.</p> <p>(2) En edificios:</p> <p>a) En planta baja.</p> <p>b) En plantas sobre rasante, siempre que la estructura principal de cubiertas ligeras y sus soportes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - No estén previstos para ser utilizados en la evacuación de los ocupantes. - Se justifique que su fallo no pueda ocasionar daños graves a los edificios o establecimientos próximos, ni comprometan la estabilidad de otras plantas inferiores o la sectorización de incendios implantada. - Dispongan de un sistema de extracción de humos si su NRI es medio o alto. <p>c) En una entreplanta, siempre que:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El 90% de la superficie del establecimiento, como mínimo, esté en planta baja, y el 10%, en planta sobre rasante. - Se justifique mediante cálculos que la entreplanta puede soportar el fallo de la cubierta, y que los recorridos de evacuación, desde cualquier punto del establecimiento industrial hasta una salida de planta o del edificio, no superen los 25 m. <p>Para las actividades con RB, la entreplanta podrá ser de hasta el 20 % de la superficie total, y los recorridos de evacuación hasta una salida del edificio, de 50 m, siempre que el número de ocupantes sea inferior a 25 personas.</p> <p>d) En el caso de estructuras principales de cubierta ligeras que soporten, además, una grúa, considerada sin carga.</p> <p>(3) Edificios a una distancia mayor de 3 m respecto al límite de parcela colindante.</p> <p>(4) Cuando la cubierta no sea compartida por dos o más establecimientos industriales distintos.</p> <p>(5) Cuando la superficie total del sector de incendios esté protegida por una instalación de rociadores automáticos de agua y un sistema de evacuación de humos.</p>					
<p>No será necesario justificar la R en los establecimientos industriales que cumplan lo siguiente:</p> <p>a) Tener una sola planta o zonas administrativas en más de una planta pero compartimentadas del uso industrial según su reglamentación específica.</p> <p>b) Estar situados en edificios de tipo C.</p> <p>c) Estar separados al menos 10 m de límites de parcelas con posibilidad de edificar en ellas.</p>					
<p>NOTA: Cuando, de acuerdo con la tabla, esté permitido no justificar la R, se deberá señalizar en el acceso principal del edificio para conocimiento del personal de los servicios de extinción.</p>					

Exigencias complementarias o supletorias que se deben considerar:					
ORCPI/08 (art. 4.4 Anexo 2)					
Condiciones que deben cumplir los altillos (entrepantas) para ser considerados como tales:					
<ul style="list-style-type: none"> la superficie del altillo no puede ser superior al 10 % de la superficie de la planta donde esté situado; la anchura, entendiendo como tal la profundidad o la dimensión más pequeña del hipotético rectángulo inscrito en la superficie del altillo, ha de ser inferior a 10 m. 					
ORCPI/08 (art. 6.1, Anexo 2)					
TIPO A	Elementos estructurales portantes y escaleras que sean recorrido de evacuación ⁽¹⁾	Planta sótano	R 120	No admitido	No admitido
		Planta sobre rasante	R 90	R 120	No admitido
TIPO B	Elementos estructurales portantes y escaleras que sean recorrido de evacuación ⁽¹⁾	Planta sótano	R 120	R 120	R 180
		Planta sobre rasante	R 60	R 90	R 120
TIPO C	Elementos estructurales portantes y escaleras que sean recorrido de evacuación ⁽¹⁾	Planta sótano	R 120	R 120	R 180
		Planta sobre rasante	R 60	R 90	R 120
ITC SP 117 Resistencia al fuego de la estructura de cubiertas ligeras de los establecimientos industriales.					
La tabla 2.3 del Anexo II del RSCIEI se aplicará <u>solo a la estructura principal de la cubierta ligera</u> , siempre que se cumplan las condiciones para su aplicación, pero <u>no a los pilares o cualquier otro soporte de esta cubierta ligera</u> .					
Para pilares o cualquier otro soporte de cubierta será necesario aplicar los valores correspondientes a los casos generales: Tabla 2.2 Estabilidad al fuego de elementos estructurales portantes.					
ORCPI/08 (art. 6.2, Anexo 2)					
<u>Las reducciones recogidas en los apartados 4.2. y 4.3. del Anexo II del RSCIEI indicadas en la tabla principal únicamente serán de aplicación cuando los sectores de incendio dispongan de instalaciones de extinción a base de rociadores automáticos (excepto si se trata de un establecimiento de nivel de riesgo intrínseco bajo 1), y de un sistema de extracción de humos, para cualquier configuración de edificio y tipo de riesgo intrínseco.</u>					
ORCPI/08 (art. 6.3, Anexo 2)					
Si la altura de evacuación del establecimiento es superior a 12 m, para cualquier nivel de riesgo y tipo de configuración del establecimiento, la resistencia al fuego mínima será de R 90.					
ITC SP 119					
Para las naves adosadas Tipo A de cubierta independiente se admitirá dar cumplimiento a las exigencias tipo B siempre que se justifique que el posible colapso de la estructura no afecta a las naves adyacentes. A este efecto es posible atender a alguna de las siguientes consideraciones:					
1. En condiciones ordinarias de naves industriales adosadas con estructuras ya ejecutadas y cubierta independiente, se podrá optar por técnicas de control de humos y de temperaturas que garanticen la acción térmica en los elementos estructurales por debajo del umbral del derrumbe.					
Esto se puede lograr con la aplicación simultánea de las dos medidas:					
<ul style="list-style-type: none"> sistema de control de temperatura y evacuación de humos de incendio; sistema de rociadores automáticos de agua que cubran todo el establecimiento. En concordancia con lo expuesto en la Guía técnica de aplicación del RSCIEI, se podrán adoptar las soluciones concretas de protección de los establecimientos en caso de incendio presentadas en la Guía técnica de aplicación del RSCIEI en establecimientos de tipo A en horizontal, publicada por la Dirección General de Prevención, Extinción de Incendios y Salvamentos (DGPEIS). 					
2. Cuando la justificación de que el posible colapso de la estructura no afecta a las naves adyacentes se pretenda realizar por otras técnicas, será necesaria la aceptación previa de los servicios de prevención y extinción de incendios, desarrollando lo establecido en el artículo 1.c) del RSCIEI.					
A tal efecto se presentará una solicitud justificada con el correspondiente proyecto técnico, que se tramitará como una solicitud de excepción, siguiendo las instrucciones dadas por los servicios de prevención y extinción de incendios.					

La resistencia al fuego exigible a los elementos constructivos delimitadores de sector o de cerramiento de todo establecimiento industrial debe ser, como mínimo, la establecida en los diferentes puntos del apartado 5 Anexo II del RSCIEI o más favorable, desde el punto de vista de la seguridad.

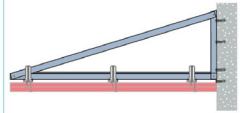
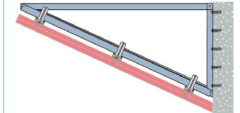
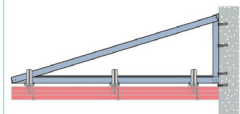
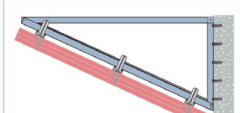
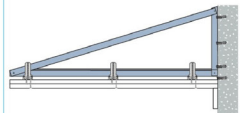
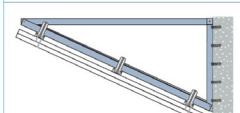
Condiciones exigidas de resistencia al fuego		
Exigencia	Condiciones	
Resistencia al fuego de elementos constructivos delimitadores de sector.	No será inferior a la estabilidad al fuego exigida en la tabla 2.2 del Anexo II del RSCIEI	
Resistencia al fuego de elementos constructivos de cerramiento	Sin función portante	Para riesgo bajo: EI 120
		Para riesgo medio: EI 180
		Para riesgo alto: EI 240
	Con función portante	Para riesgo bajo: REI 120
		Para riesgo medio: REI 180
		Para riesgo alto: REI 240
Resistencia al fuego de medianería, forjado o pared que acometa a una fachada	<p>EI de la fachada $\geq \frac{1}{2}$ EI del elemento constructivo, en una franja cuya anchura será $\geq 1\text{m}^{(1)}$.</p> <p>Cuando el elemento constructivo acometa en un quiebro de la fachada que forma ángulo $< 135^\circ$, la anchura será $\geq 2\text{m}^{(1)}$.</p>	
Resistencia al fuego de medianería o elemento constructivo de compartimentación que acometa a la cubierta	<p>EI de la cubierta $\geq \frac{1}{2}$ EI del elemento constructivo, en una franja cuya anchura será $\geq 1\text{m}$.</p> <p>No se exige cuando la medianería se prolonga como mínimo 1 m por encima de la cubierta.</p>	
Los huecos, horizontales o verticales, que comuniquen un sector de incendio con un espacio exterior a él, se deben sellar de modo que su EI sea mayor que ⁽²⁾⁽³⁾ :	<p>R del sector de incendio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Compuertas de canalizaciones de aire de ventilación, calefacción o acondicionamiento de aire. • Sellados de orificios de paso de mazos o bandejas de cables eléctricos • Sellados de orificios de paso de canalizaciones de líquidos inflamables o combustibles. • Cierres practicables de galerías de servicios comunicadas con el sector de Incendios. • Compuertas o pantallas de cierre automático de huecos verticales de mantenimiento, descarga de tolvas o comunicación vertical de otro uso. 	
	<p>$\frac{1}{2}$ de la R del sector</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sellados de orificios de paso de canalizaciones de líquidos no inflamables ni combustibles • Tapas de registro de patinillos de instalaciones 	
Cerramiento que delimita un establecimiento de tipo D (excepto RB-1) respecto a límites de parcelas con posibilidad de edificación.	EI ≥ 120 , a no ser que la actividad se realice a una distancia $\geq 5\text{m}$ de aquel o que la normativa urbanística aplicable garantice dicha distancia entre el área de incendio y el lindero	

Condiciones exigidas de resistencia al fuego	
<p>(1) La anchura de esta franja se debe medir sobre el plano de la fachada y, en caso de que existan en ella salientes que impidan el paso de las llamas, la anchura se podrá reducir en la dimensión del citado saliente.</p> <p>(2) Los conductos que atraviesen elementos de compartimentación y cuya función no permita el uso de compuertas deben ser resistentes al fuego en todo su recorrido con una EI igual a la REI/EI de los elementos atravesados.</p> <p>(3) No será necesario el cumplimiento de estos requisitos:</p> <ul style="list-style-type: none">- si la comunicación del sector de incendio a través del hueco es al espacio exterior del edificio;- en el caso de tuberías de agua a presión, siempre que el hueco de paso esté ajustado a ellas.	
Notación complementaria:	
<p>La franja definida en cubierta podrá encontrarse:</p> <ul style="list-style-type: none">- integrada en la propia cubierta, siempre que se justifique la permanencia de la franja tras el colapso de las partes de la cubierta no resistente;- fijada en la estructura de la cubierta, cuando esta tenga al menos la misma estabilidad al fuego que la resistencia exigida a la franja.	
<p>Formada por una barrera de 1 metro de ancho que justifique la resistencia al fuego requerida y se sitúe por debajo de la cubierta fijada a la medianería. La barrera no se instalará en ningún caso a una distancia mayor de 40 cm de la parte inferior de la cubierta.</p>	

Exigencias complementarias o supletorias que se deben considerar:	
ORCPI/08 (art. 4.3, Anexo 2)	
<p>Se establecen equivalencias entre la separación entre edificios o establecimientos y el grado de sectorización. Con la condición de que en estos espacios queden libres de cualquier tipo de almacenamiento.</p> <ul style="list-style-type: none">- Una separación de 3 m equivaldría a un grado de sectorización EI 120.- Una separación de 5 m equivaldría a un grado de sectorización EI 180.- Una separación de 10 m equivaldría a un grado de sectorización EI 240.	
ITC SP 108	Lucernarios en cubierta en establecimientos industriales
<p>Para evitar de manera efectiva la transmisión de incendios a través de los lucernarios que comuniquen exteriormente dos sectores o dos establecimientos colindantes, se debe interrumpir la continuidad en cubierta de estos elementos: los lucernarios en cubierta formados por placas traslúcidas se deben instalar sin continuidad con las placas de la cubierta de las edificaciones o sectores vecinos, para evitar la transmisión de incendios por fusión de estas placas y goteo de material inflamado.</p>	

Esta solución constructiva se revuelve mediante diferentes sistemas:





<p>Franja horizontal (estructura metálica)</p> <p>Cotas en mm.</p>	<p>Franja inclinada (estructura metálica) Cotas en mm.</p>
<p>Esquema de planta y detalles</p> <p>Vista superior Cotas en mm.</p>	
<p>Detalles Franja horizontal EI 60 - PLACO</p>	
<p>Las franjas de encuentro son elementos constructivos cuya misión es retrasar o impedir la propagación del fuego entre dos recintos industriales contiguos o sectores de incendio, a través de la cubierta. Cuando una medianería o elemento constructivo de compartimentación de sectores de incendio acometa a la fachada, la resistencia al fuego de la cubierta en una franja de 1 m de ancho será al menos la mitad de la que se exige a la medianería o elemento de compartimentación.</p> <p>Estas franjas pueden ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> - integradas en la propia cubierta. Se debe justificar la permanencia de la franja tras el colapso de las partes de la cubierta no transitable; - fijada en la estructura de la cubierta, siempre y cuando la cubierta tenga la misma estabilidad al fuego que la resistencia exigida a la franja. <p>Formada por una barrera de 1 m de ancho, cuya resistencia al fuego esté determinada mediante el Protocolo de Ensayo de Resistencia al Fuego de franjas de encuentro medianería-cubierta incluido en el Anexo B de la Guía técnica de aplicación del Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales. Fijada a la medianería, se sitúa bajo la cubierta a una distancia máxima de 0,40 m de su parte inferior.</p>	

Características de las franjas de encuentro medianería-cubierta de Placo.						
EI	Tipo de franja	Ángulo de inclinación de instalación	Número y tipos de placas	Reacción al fuego	Modulación escuadras (mm)	Modulación F-530 (mm)
60		0° a 25°	2 x PPF 15	A2-s1, d0	750	400
		15° a 45°	2 x PPF 15	A2-s1, d0	750	Variable según el ángulo de inclinación de la franja
90		0° a 25°	3 x PPF 15	A2-s1, d0	750	400
		15° a 45°	3 x PPF 15	A2-s1, d0	750	Variable según el ángulo de inclinación de la franja
120		0° a 25°	2 x Glasroc F 25	A1	750	400
		15° a 45°	2 x Glasroc F 25	A1	750	Variable según el ángulo de inclinación de la franja

Franjas de encuentro medianería-cubierta - PLACO



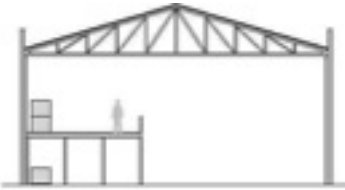
El apartado 8 del Anexo II del RSCIEI define y caracteriza diferentes tipos de almacenamiento, clasificándolos en autoportantes o independientes y, en ambos casos, considerando una operativa manual o automática. Para los diferentes tipos de sistemas definidos se establecen condiciones de estabilidad al fuego de sus estructuras sustentantes.

Sistema almacenaje	Descripción
Autoportante	Soportan, además de la mercancía almacenada, los cerramientos de fachada y la cubierta, y actúan como una estructura de cubierta.
Independiente	Solamente soportan la mercancía almacenada y son elementos estructurales desmontables e independientes de la estructura de cubierta.
Manual	Las unidades de carga que se almacenan se transportan y elevan mediante operativa manual, con presencia de personas en el almacén.
Automático	Las unidades de carga que se almacenan se transportan y elevan mediante una operativa automática, sin presencia de personas en el almacén.

Sistemas de almacenaje definidos según RSCIEI		
Sistema	Autoportante	Independiente
Manual		
Automático		

Condiciones de estabilidad al fuego exigidas a los sistemas de almacenaje con estanterías metálicas						
Exigencia				Condiciones		
Sistema almacenaje	Configuración establecimiento	Medidas de protección		Nivel de riesgo intrínseco		
				Bajo	Medio	Alto
Autoportante operado manual o automáticamente	TIPO A	Rociadores automáticos	No	R 15	R 30	---
			Sí	No exigible	R 15	---
	TIPO B	Rociadores automáticos	No	No exigible	R 15	R 30
			Sí	No exigible	No exigible	R 15
	TIPO C	Rociadores automáticos	No	No exigible	No exigible	R 15
			Sí	No exigible	No exigible	No exigible
Independiente	No se exige ninguna condición.					

Exigencias complementarias o supletorias que se deben considerar:
ITC SP 123 Sistemas de almacenaje en estanterías metálicas para actividades industriales y almacenes.
Para garantizar la condición de independencia estructural entre el sistema de almacenaje y la estructura del edificio, esta instrucción técnica apunta que no se admiten elementos de traba o conexión entre las estanterías y los elementos estructurales o compartimentadores del sector donde se halle el sistema.
Esta instrucción técnica añade de forma complementaria a la clasificación anteriormente definida dos clases más: <ul style="list-style-type: none"> - sistema de almacenaje de entreplantas sobre estanterías o sobre pilares; - sistema de almacenaje en con pasillos elevados, operadas automática o manualmente. Para estas define las exigencias normativas complementarias al grado de estabilidad exigido.

Sistemas de almacenaje definidos según ITC SP 123		
Sistema	Pasillos elevados	Entreplanta
Manual / Automático		 Sobre estanterías
		 Sobre pilares
Exigencias complementarias o supletorias que se deben considerar:		
Definidas en los apartados 5, 6 y 8 de la ITC SP 123.		

3.5. Justificaciones técnicas

Para la determinación de la resistencia al fuego (R y REI) de elementos estructurales, el CTE define en los Anejos C a F del DB SI métodos simplificados de cálculo de resistencia al fuego suficientemente aproximados para la mayoría de las situaciones habituales.

Estos métodos solamente recogen el estudio de la resistencia al fuego de los elementos estructurales individuales ante la curva normalizada tiempo-temperatura. En caso de ser utilizados, el DB SI 6 indica que no es necesario tener en cuenta las acciones indirectas derivadas del incendio.

Al poderse adoptar otros modelos de incendio para representar la evolución de la temperatura durante el incendio, el DB SI 6 considera válido evaluar el comportamiento de una estructura, de parte de ella o de un elemento estructural mediante la realización de los ensayos que establece el Real Decreto 842/2013, de 31 de octubre.

De igual modo, para la determinación de la EI de los elementos compartimentadores o de cerramiento no portantes, el DB SI recurre a las determinaciones de sus Anejos. Para soluciones constructivas o sistemas no definidos en dichos Anejos, se considera válida toda solución debidamente justificada fundamentada en la realización de los ensayos que establece el Real Decreto 842/2013, de 31 de octubre.

Por su parte, el RSCIEI permite acreditar la estabilidad ante al fuego R, exigible a los elementos constructivos portantes en los sectores de incendio, así como la resistencia al fuego EI, exigible a los elementos constructivos delimitadores de sector o de cerramiento de todo establecimiento industrial, por dos vías distintas:

1. Por contraste con los valores fijados en el apéndice 1 de la Norma básica de la edificación (equivalente a los Anejos del CTE DB SI).
2. Mediante marca de conformidad con normas UNE o certificado de conformidad o ensayo de tipo con las normas y especificaciones técnicas indicadas en el Anexo IV del RSCIEI.

Se analizan a continuación, con voluntad introductoria, los métodos simplificados de cálculo planteados en los Anejos C a E. Se recogen las determinaciones del Anejo F y se definen diferentes soluciones de compartimentación que, por lo general, disponen de ensayos que acreditan sus prestaciones.

3.5.1. Tiempo equivalente de exposición al fuego

El Anejo B del DB SI establece un procedimiento para obtener el tiempo equivalente de exposición al fuego que, según se indica en el DB SI 6, se puede usar tanto a efectos estructurales como compartimentadores.

Se debe recordar que el tiempo equivalente de exposición al fuego no es aplicable a estructuras de madera o mixtas, dadas las condiciones específicas de comportamiento de estas estructuras.

En este apartado se describen los pasos que se deben seguir para el cálculo del tiempo equivalente de exposición al fuego, que para elementos estructurales de hormigón armado o acero queda definido por la expresión siguiente:

$$t_{e,d} = k_b \cdot w_f \cdot k_c \cdot q_{f,d}$$

siendo:

- $t_{e,d}$ el tiempo equivalente de exposición al fuego.
- k_b el coeficiente de conversión en función de las propiedades térmicas de la envolvente del sector, que puede tomarse igual a 0,07.
- w_f el coeficiente de ventilación en función de la forma y tamaño del sector.
- k_c el coeficiente de corrección según el material estructural.
- $q_{f,d}$ el valor de cálculo de la densidad de carga de fuego en función del uso del sector, en MJ/m².

1. A partir de la siguiente expresión se calcula el coeficiente de ventilación.

$$wf = (6/H)^{0,3} \cdot [0,62 + 90 \cdot (0,4 - \alpha_v)^4 / (1 + b_v \cdot \alpha_h)] \geq 0,5$$

siendo:

$\alpha_v = A_v/A_f$ relación entre la superficie de las aberturas en fachada y la superficie del suelo del sector, con los límites $0,025 < \alpha_v < 0,25$.

$\alpha_h = A_h/A_f$ relación entre la superficie de las aberturas en el techo, A_h , y la superficie construida del suelo del sector.

$b_v = 12,5 \cdot (1 + 10 \cdot \alpha_v - \alpha_v^2) \geq 10$ altura del sector de incendio, en metros.

H altura del sector de incendio, en metros.

Como aberturas en fachada o en techo se deben considerar los huecos, lucernarios, ventanas (practicables o no) superficies acristaladas y, en general, toda zona susceptible de facilitar la entrada de aire a la zona en la que se desarrolle el incendio.

2. De acuerdo con la siguiente tabla, se obtiene el coeficiente de corrección k_c

Tabla B.1. Valores de k_c según el material estructural	
Material de la sección transversal	k_c
Hormigón armado	1,0
Acero protegido	1,0
Acero sin proteger	13,7 · 0

$$O = A_v \sqrt{h} / A_t \quad \text{coeficiente de aberturas con los límites } 0,02 \leq O \leq 0,2, \text{ en } m^{1/2}$$

siendo:

A_t superficie total de la envolvente del sector (paredes, suelo y techo), incluyendo aberturas, en m^2

h altura promedio de los huecos verticales, en metros.

3. De acuerdo con la siguiente expresión se calcula el valor de cálculo de la densidad de carga de fuego

El valor de cálculo de la densidad de carga de fuego se determina en función del valor característico de la carga de fuego del sector $q_{f,k}$, así como de la probabilidad de activación y de las previsibles consecuencias del incendio.

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q,1} \cdot \delta_{q,2} \cdot \delta_n \cdot \delta_c$$

siendo:

$q_{f,k}$ valor característico de la densidad de carga de fuego por unidad de superficie del sector, MJ/m².

m coeficiente de combustión que tiene en cuenta la fracción del combustible que arde en el incendio. En los casos en los que el material incendiado sea de tipo celulósico (madera, papel, tejidos, etc.) puede tomarse $m = 0,8$. Cuando se trate de otro tipo de material y no se conozca su coeficiente de combustión, puede tomarse $m = 1$ del lado de la seguridad.

$\delta_{q,1}$ coeficiente que tiene en cuenta el riesgo de iniciación debido al tamaño del sector.

$\delta_{q,2}$ coeficiente que tiene en cuenta el riesgo de iniciación debido al tipo de uso o actividad.

δ_n coeficiente que tiene en cuenta las medidas activas voluntarias existentes,

$$\delta_n = \delta_{n,1} \cdot \delta_{n,2} \cdot \delta_{n,3}$$

δ_c coeficiente de corrección según las consecuencias del incendio.

Tabla B.2. Valores del coeficiente $\delta_{q,1}$ por el riesgo de iniciación debido al tamaño del sector	
Superficie del sector A_f [m ²]	Riesgo de iniciación $\delta_{q,1}$
<20	1,00
25	1,10
250	1,50
2500	1,90
5000	2,00
>10000	2,13

Tabla B.3. Valores del coeficiente $\delta_{q,2}$ por el riesgo de iniciación debido al uso o actividad	
Actividad	Riesgo de iniciación $\delta_{q,2}$
Vivienda, Administrativo, Residencial, Docente	1,00
Comercial, Aparcamiento, Hospitalario, Pública concurrencia	1,25
Locales de riesgo especial bajo	1,25
Locales de riesgo especial medio	1,40
Locales de riesgo especial alto	1,60

Tabla B.4. Valores del coeficiente $\delta_{n,i}$ según las medidas activas existentes		
Detección automática $\delta_{n,1}$	Alarma automática a bomberos $\delta_{n,2}$	Extinción automática $\delta_{n,3}$
0,87	0,87	0,61

Tabla B.5. Valores de δ_c por las posibles consecuencias del incendio, según la altura de evacuación del edificio	
Altura de evacuación	δ_c
Edificios con altura de evacuación descendente de más de 28 m o ascendente de más de una planta.	2,0
Edificios con altura de evacuación descendente entre 15 y 28 m o ascendente hasta 2,8 m. Aparcamientos bajo otros usos.	1,5
Edificios con altura de evacuación descendente de menos de 15 m o de uso Aparcamiento exclusivo	1,0
Notación complementaria:	
En el caso de edificios en los que no sea admisible que puedan quedar fuera de servicio o en los que pueda haber un número elevado de víctimas en caso de incendio, como es el caso de los hospitales, los valores indicados deben ser multiplicados por 1,5.	

Para determinar el valor de $q_{f,k}$ se debe calcular la carga de fuego. Si se considera que los valores pueden ser superiores a los de la tabla siguiente, se tomarán los valores de la tabla considerando que son valores del lado de la seguridad.

Tabla B.6. Valores de densidad de carga de fuego variable característica según el uso previsto	
Uso previsto	Valor característico de densidad de carga de fuego variable (MJ/m ²)
Comercial	730
Residencial Vivienda	650
Hospitalario / Residencial Público	280
Administrativo	520
Docente	350
Pública Concurrencia (teatros, cines)	365
Aparcamiento	280
Locales de riesgo especial alto	1,60

3.5.2. Resistencia al fuego de las estructuras de hormigón armado

Se describe en el presente apartado un método simplificado que permite determinar, en función de sus dimensiones y de la distancia mínima equivalente al eje de las armaduras, la resistencia de los elementos de hormigón ante la acción representada por la curva normalizada tiempo-temperatura.

Se establece un método basado en las tablas del apartado C.2 del Anejo C del DB SI. Para su aplicación, se define como distancia mínima equivalente el eje a_m según la expresión siguiente:

$$a_m = \frac{\sum [A_{si} \cdot f_{yki} \cdot (a_{si} + \Delta a_{si})]}{\sum A_{si} \cdot f_{yki}}$$

siendo:

- A_{si} área de cada una de las armaduras i , pasiva o activa.
- a_{si} distancia del eje de cada una de las armaduras i al paramento expuesto más próximo, considerando los revestimientos en las condiciones que más adelante se establecen.
- f_{yki} resistencia característica del acero de las armaduras i .
- Δa_{si} corrección debida a las diferentes temperaturas críticas del acero y a las condiciones particulares de exposición al fuego, conforme a los valores de la tabla C.1.

Tabla C.1. Valores de Δa_{si} (mm)						
H_{fi}	Acero de armar		Acero de pretensar			
	Vigas ⁽¹⁾ y losas (forjados)	Resto de los casos	Vigas ⁽¹⁾ y losas (forjados)		Resto de los casos	
			Barras	Alambres	Barras	Alambres
$\leq 0,4$	+5	0	-5	-10	-10	-15
0,5	0		-10	-15		
0,6	-5		-15	-20		

(1) En el caso de armaduras situadas en las esquinas de vigas con una sola capa de armadura, se reducirán los valores de Δa_{si} en 10 mm cuando el ancho de las mismas sea inferior a los valores de b_{min} especificados en la columna 3 de la tabla C.3.

Una vez definida la distancia mínima equivalente al eje a_m , se aplican los distintos apartados siguientes en función del elemento que hay que evaluar.

Los valores dados en las tablas siguientes son aplicables a hormigones de densidad normal, confeccionados con áridos de naturaleza silíceo. Cuando se empleen hormigones con áridos de naturaleza caliza, en vigas, losas y forjados se puede admitir una reducción de un 10 % tanto en las dimensiones de la sección recta como en la distancia equivalente al eje mínimas.

En zonas sometidas a tracción, con recubrimientos de hormigón mayores de 50 mm, se debe disponer una armadura de piel para prevenir el desprendimiento de dicho hormigón durante el período de resistencia al fuego, consistente en una malla con distancias inferiores a 150 mm entre armaduras (en ambas direcciones), anclada regularmente en la masa de hormigón.

En cualquier caso, la imposibilidad de dar cumplimiento a las exigencias normativas implica la necesaria aplicación de protecciones estructurales que son objeto de la ficha 1.4 de este manual.

3.5.2.1. Soportes y muros

Tabla C.2 para determinar la R de soportes expuestos por tres o cuatro caras y de los muros portantes de sección estricta expuestos por una o por ambas caras.

Tabla C.2. Elementos a compresión			
Resistencia al fuego	Lado menor o espesor b_{\min} / Distancia mínima equivalente al eje a_m (mm) ⁽¹⁾		
	Soportes	Muro de carga expuesto por una cara	Muro de carga expuesto por ambas caras
R 30	150 / 15 ⁽²⁾	100 / 15 ⁽³⁾	120 / 15
R 60	200 / 20 ⁽²⁾	120 / 15 ⁽³⁾	140 / 15
R 90	250 / 30	140 / 20 ⁽³⁾	160 / 25
R 120	250 / 40	160 / 25 ⁽³⁾	180 / 35
R 180	350 / 45	200 / 40 ⁽³⁾	250 / 45
R 240	400 / 50	250 / 50 ⁽³⁾	300 / 50

(1) Los recubrimientos por exigencias de durabilidad pueden requerir valores superiores.
(2) Los soportes ejecutados en obra deben tener, de acuerdo con la Instrucción EHE, una dimensión mínima de 250 mm.
(3) La resistencia al fuego aportada se puede considerar REI.

Notación complementaria:

Para R mayores que R 90, cuando la armadura del soporte sea superior al 2 % de la sección de hormigón, dicha armadura deben estar distribuidas en todas sus caras.

Si el elemento está sometido a tracción, se comprobará como elemento de acero revestido.

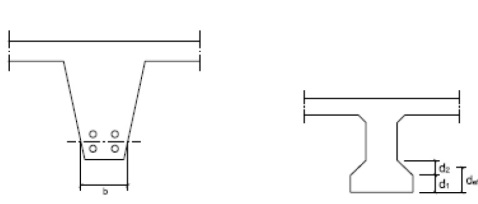
3.5.2.2. Vigas con tres caras expuestas al fuego

Tabla C.3 para determinar la R de las secciones de vigas sustentadas en los extremos con tres caras expuestas al fuego, referida a la distancia mínima equivalente al eje de la armadura inferior traccionada.

Tabla C.3. Vigas con tres caras expuestas al fuego ⁽¹⁾					
Resistencia al fuego	Dimensión mínima b_{\min} / Distancia mínima equivalente al eje a_m (mm)				Anchura mínima ⁽²⁾ del alma $b_{0,\min}$ (mm)
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	
R 30	80 / 20	120 / 15	200 / 10	---	80
R 60	100 / 30	150 / 25	200 / 20	---	100
R 90	150 / 40	200 / 35	250 / 30	400 / 25	100
R 120	200 / 50	250 / 45	300 / 40	500 / 35	120
R 180	300 / 75	350 / 65	400 / 60	600 / 50	140
R 240	400 / 75	500 / 70	700 / 60	---	160

(1) Los recubrimientos por exigencias de durabilidad pueden requerir valores superiores.
(2) Debe darse en una longitud igual a dos veces el canto de la viga, a cada lado de los elementos de sustentación.

Notación complementaria:



Para vigas de sección de ancho variable, se considera como anchura mínima b la que existe a la altura del centro de gravedad mecánico de la armadura sometida a tracción en la zona expuesta.

Para vigas doble T, el canto del ala inferior deberá ser mayor que la dimensión que se establezca como ancho mínimo. Cuando el canto del ala inferior sea variable, se considerará $d_{ef} = d_1 + 0,5 d_2$.

Para una R 90 o mayor, la armadura de negativos de vigas continuas se prolongará hasta el 33 % de la longitud del tramo, con una cuantía no inferior al 25 % de la requerida en los extremos.

Para vigas expuestas en todas sus caras, se deberá verificar, además de las condiciones de la tabla C.3, que el área de la sección transversal de la viga no sea inferior a $2 \cdot (b_{\min})^2$.

3.5.2.3. Losas macizas

Tabla C.4 para determinar la R de las secciones de las secciones de las losas macizas (también es aplicable a las placas alveolares), referida a la distancia mínima equivalente al eje de la armadura inferior traccionada.

Tabla C.4. Losas macizas				
Resistencia al fuego	Espesor mínimo h_{min} (mm)	Distancia mínima equivalente al eje $a_m^{(1)}$ (mm)		
		Flexión en una dirección	Flexión en dos direcciones	
			$l_y/l_x^{(2)} \leq 1,5$	$1,5 < l_y/l_x^{(2)} \leq 2$
REI 30	60	10	10	10
REI 60	80	20	10	20
REI 90	100	25	15	25
REI 120	120	35	20	30
REI 180	150	50	30	40
REI 240	175	60	50	50

(1) Los recubrimientos por exigencias de durabilidad pueden requerir valores superiores.
 (2) l_x y l_y son las luces de la losa, siendo $l_y > l_x$.

Notación complementaria:

Si la losa debe cumplir una función de compartimentación de incendios (criterios R, E e I), su espesor deberá ser al menos el que se establece en la tabla, pero cuando se requiera únicamente una función resistente (criterio R), basta con que el espesor sea el necesario para cumplir con los requisitos del proyecto a temperatura ambiente.
 A estos efectos, se podrá considerar como espesor el solado o cualquier otro elemento que mantenga su función aislante durante todo el período de resistencia al fuego.

Para losas macizas sobre apoyos lineales y en los casos de R 90 o mayor, la armadura de negativos se deberá prolongar un 33 % de la longitud del tramo con una cuantía no inferior a un 25 % de la requerida en extremos sustentados.

Para losas macizas sobre apoyos puntuales y en los casos de R 90 o mayor, el 20 % de la armadura superior sobre soportes se deberá prolongar a lo largo de todo el tramo.

Las vigas planas con macizados laterales mayores que 10 cm se pueden asimilar a losas unidireccionales.

3.5.2.4. Forjados bidireccionales

Tabla C.5 para determinar la R de las secciones de las secciones de los forjados nervados bidireccionales, referida al ancho mínimo de nervio y a la distancia mínima equivalente al eje de la armadura inferior traccionada.

Si los forjados disponen de elementos de entrevigado cerámicos o de hormigón y revestimiento inferior, para resistencia al fuego R 120 o menor bastará con que se cumpla lo establecido en el punto 1 del apartado C.2.3.5.

Tabla C.5 Forjados bidireccionales				
Resistencia al fuego	Anchura de nervio mínimo b_{\min} / Distancia mínima equivalente al eje a_m ⁽¹⁾ (mm)			Espesor mínimo h_{\min} (mm)
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	
REI 30	80 / 20	120 / 15	200 / 10	60
REI 60	100 / 30	150 / 25	200 / 20	80
REI 90	120 / 40	200 / 30	250 / 25	100
REI 120	160 / 50	250 / 40	300 / 35	120
REI 180	200 / 70	300 / 60	400 / 55	150
REI 240	250 / 90	350 / 75	500 / 70	175

(1) Los recubrimientos por exigencias de durabilidad pueden requerir valores superiores.

Notación complementaria:

Si el forjado debe cumplir una función de compartimentación de incendios (criterios R, E e I), su espesor deberá ser al menos el que se establece en la tabla, pero cuando se requiera únicamente una función resistente (criterio R), basta con que el espesor sea el necesario para cumplir con los requisitos del proyecto a temperatura ambiente.

A estos efectos, se podrá considerar como espesor el solado o cualquier otro elemento que mantenga su función aislante durante todo el período de resistencia al fuego.

Si los forjados disponen de elementos de entrevigado cerámicos o de hormigón y revestimiento inferior, para resistencia al fuego R 120 o menor bastará con que se cumpla lo establecido para forjados unidireccionales de las mismas características.

En losas nervadas sobre apoyos puntuales y en los casos de R 90 o mayor, el 20 % de la armadura superior sobre soportes se distribuirá en toda la longitud del vano, en la banda de soportes. Si la losa nervada se dispone sobre apoyos lineales, la armadura de negativos se prolongará un 33 % de la longitud del vano con una cuantía no inferior a un 25 % de la requerida en apoyos.

3.5.2.5. Forjados unidireccionales

Se considerarán las determinaciones de la siguiente tabla:

R exigida	Con elementos de entrevigado cerámicos o de hormigón y revestimiento inferior	Sin elementos de entrevigado cerámicos o de hormigón y revestimiento inferior
$R \leq 120$	El valor de la distancia mínima equivalente al eje de las armaduras debe cumplir lo establecido para losas macizas en la tabla C.4 ⁽¹⁾⁽²⁾ .	Deben cumplir las especificaciones establecidas para vigas con las tres caras expuestas al fuego ⁽³⁾ .
$REI \leq 120$	El valor de la distancia mínima equivalente al eje de las armaduras y el espesor h_{\min} debe cumplir lo establecido para losas macizas en la tabla C.4 ⁽¹⁾⁽²⁾ .	
$R > 120$ $REI > 120$	Deben cumplir las especificaciones establecidas para vigas con las tres caras expuestas al fuego ⁽³⁾ .	

(1) A efectos de distancia mínima definida, los revestimientos con mortero de yeso se pueden considerar como espesores adicionales de hormigón equivalentes a 1,8 veces su espesor real. Para $R > 120$ su aportación solo se puede justificar mediante ensayo.

(2) Para una R 90 o mayor, la armadura de negativos de forjados continuos se debe prolongar hasta el 33 % de la longitud del tramo con una cuantía no inferior al 25 % de la requerida en los extremos.

(3) A efectos del espesor de la losa superior de hormigón y de la anchura de nervio, se podrán tener en cuenta los espesores del solado y de las piezas de entrevigado que mantengan su función aislante durante el período de resistencia al fuego, el cual puede suponerse, en ausencia de datos experimentales, igual a 120 minutos. Las bovedillas cerámicas se pueden considerar como espesores adicionales de hormigón equivalentes a dos veces el espesor real de la bovedilla.

3.5.3. Resistencia al fuego de los elementos de acero

A efectos prácticos, no se considera aceptable, de forma genérica, la consideración de resistencia alguna al fuego por parte de los elementos estructurales de acero.

Este documento no es objeto de la definición de sistemas de protección pasiva ni la evaluación de los mismos, que se encuentran en el contenido de la ficha 1.4 de este manual.

Con todo, se definen en el presente apartado los conceptos básicos que determinan el comportamiento de los elementos estructurales de acero.

3.5.3.1. Factor de forma

Se entiende como factor de forma la relación entre la superficie expuesta al fuego del elemento y el volumen del mismo de acero por unidad de longitud.

$$S_m = A_v / V \quad (m^{-1})$$

siendo:

- A_v superficie expuesta al fuego del elemento por unidad de longitud, la del elemento si no está protegido o la de la cara interior de la protección si está revestido. Se considerará únicamente la del contorno expuesto en el sector de incendio analizado.
- V volumen del elemento de acero por unidad de longitud.

Para elementos de sección constante A_m/V es igual al cociente entre el perímetro expuesto y el área de la sección transversal.

3.5.3.2. Temperatura del acero

Para acero sin revestir, el incremento de temperatura en el acero, $\Delta\theta$, suponiéndola distribuida uniformemente en la sección, en un incremento de tiempo Δt se determina mediante la expresión:

$$\Delta\theta_{s,t} = \frac{A_m / V}{c_s \rho_s} \cdot h'_{net,d} \cdot \Delta t$$

siendo:

- A_m / V factor de forma.
- c_s calor específico del acero, que puede suponerse independiente de la temperatura, y de valor $c_s = 600 \text{ J/kgK}$.
- Δt intervalo de tiempo no superior a 5 segundos.
- ρ_s densidad del acero que puede suponerse independiente de la temperatura y de valor $7850 \text{ (kg/m}^3\text{)}$.
- $h'_{net,d}$ valor de cálculo del flujo de calor neto por unidad de área (W/m^2), que se considera suma de valor del flujo de calor por radiación $h'_{net,r}$ y por convección $h'_{net,c}$; siendo:

$$h'_{net,r} = \phi \cdot \xi_f \cdot \xi_m \cdot \sigma [(O_r + 273)^4 - (O_s + 273)^4] \quad (W/m^2)$$

siendo:

- ϕ factor de configuración de valor 1,0 si no existen datos específicos.
- ξ_f emisividad del fuego de valor 1,0 si no existen datos específicos.
- ξ_m emisividad superficial del material que en el caso del acero tiene valor 0,50.
- O_r temperatura de radiación efectiva en el sector de incendio (°C) que puede tomarse igual a la del gas según curva normalizada tiempo-temperatura.
- O_s temperatura superficial del elemento (°C).
- σ constante de Boltzmann igual a $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$.

$$h'_{net,c} = \alpha_c \cdot (O_g - O_s) \quad (W/m^2)$$

siendo:

- α_c coeficiente de transferencia de calor por convección, ($\text{W/m}^2 \text{ K}$), que para el caso de la curva normalizada tiempo-temperatura es igual a $25 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. En el lado no expuesto de elementos separadores, se puede considerar únicamente el flujo de calor por convección, tomando como coeficiente de transferencia el valor de $\alpha_c = 9 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.
- O_g temperatura del ambiente en el sector de incendio (°C).
- O_s temperatura superficial del elemento (°C).

Para acero revestido, el incremento de temperatura en el acero $\Delta\theta_{s,t}$, suponiéndola distribuida uniformemente en la sección, en un incremento de tiempo Δt se determina mediante la expresión:

$$\Delta\theta_{s,t} = \frac{\lambda_p \cdot A_m / V}{d \cdot c_s \cdot \rho_s} \cdot \frac{\theta_{g,t} - \theta_{s,t}}{(1 + \phi/3)} \cdot \Delta t - (e^{\phi/10} - 1) \cdot \Delta\theta_{g,t} \quad \text{con } \Delta\theta_{s,t} \geq 0$$

siendo:

$$\phi = \frac{c_p \cdot \rho_p \cdot d}{c_s \cdot \rho_s} \cdot \frac{A_m}{V}$$

donde:

- A_m / V factor de forma.
- d espesor del revestimiento.
- $\theta_{g,t}$ temperatura del gas en el instante t.
- $\theta_{s,t}$ temperatura del acero en el instante t.
- λ_p conductividad térmica del material de revestimiento, (W/mK).
- c_p calor específico del revestimiento, (J/kgK).
- c_s calor específico del acero, (J/kgK).
- ρ_p densidad del revestimiento, (kg/m^3).
- ρ_s densidad del acero.

3.5.4. Resistencia al fuego de los elementos de fundición

En la actualidad, no existe ninguna normativa de obligado cumplimiento que regule el cálculo estructural de los elementos de fundición. Dadas las características particulares de este tipo de elementos, no es posible profundizar en el análisis de su comportamiento en relación al fuego, tan incierto como delicado.

Por ello, el presente documento se limita a referenciar las exigencias que desde distintas administraciones se aplica a este tipo de estructuras.

El Ayuntamiento de Barcelona, de acuerdo con la aplicación de la Nota Técnica 6.02 (R1), admite dos soluciones para justificar la resistencia al fuego de los elementos de fundición:

1. Proteger los elementos mediante un sistema de protección pasiva.
2. Instalar, si se está en un sector de riesgo bajo, rociadores automáticos, conforme a norma UNE correspondiente, en todo el sector y aplicar 2500 micras de pintura intumescente.

Por su parte, la Direcció General de Prevenció, Extinció d'Incendis i Salvaments, fundamentándose en la ITC SP 130, establece una serie de criterios para definir los requerimientos de protección y seguridad que se deben contemplar. En este sentido, aporta diferentes soluciones de protección y refuerzo estructural de los elementos a considerar.

Como criterio general para determinar la protección frente a la acción del fuego de los elementos estructurales de fundición, se debe considerar una temperatura crítica de 350 °C.

Se consideran válidas las siguientes opciones:

1. Protección con pintura intumescente hasta la R requerida, respecto al factor de forma de cada elemento según la norma ensayo UNE-EN 13381-8.
2. Protección con pintura intumescente hasta soportar la acción de exposición al fuego durante el tiempo equivalente, siempre que no se trate de almacenes o zonas de riesgo especial, y la instalación de un sistema de rociadores automáticos de agua en todo el sector.
3. Proyección de mortero de perlita o mortero de vermiculita con un producto que disponga de un ensayo que determine la contribución a la resistencia al fuego según UNE-EN 13381-4.
4. Protección con placas de yeso, fibrosilicatos o paneles rígidos y mantas que garanticen que no se alcanza la temperatura crítica, siempre bajo el amparo de un producto o solución constructiva ensayada bajo norma UNE-EN 13381-4.
5. Protección del elemento con soluciones convencionales de obra, como el revestimiento con mortero, hormigón o cierre de la columna en un cajón cerámico, que permitan garantizar que no se alcanza la temperatura crítica, siempre con una justificación realizada por un técnico competente.

3.5.5. Resistencia al fuego de las estructuras de madera

Se describe en el presente apartado un método simplificado de cálculo que permite determinar la resistencia de los elementos estructurales de madera sin protección estructural complementaria ante la acción representada por la curva normalizada tiempo-temperatura.

3.5.5.1. Definición de la sección residual y eficaz

Se establece un método basado en la comprobación previa de la capacidad portante de un elemento estructural de madera, considerando la sección reducida resultante de eliminar, de la sección inicial, la profundidad eficaz de carbonización, d_{ef} , en las caras expuestas, alcanzada durante el período de tiempo considerado.

Para la comprobación de la capacidad portante de un elemento estructural de madera, se toman en consideración los métodos establecidos en DB SE-M; se deben tener en cuenta, como mínimo, las reglas simplificadas para el análisis de elementos establecidas en apartado 3 del anejo E del DB SI.

La profundidad eficaz de carbonización se obtiene por la siguiente expresión:

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0$$

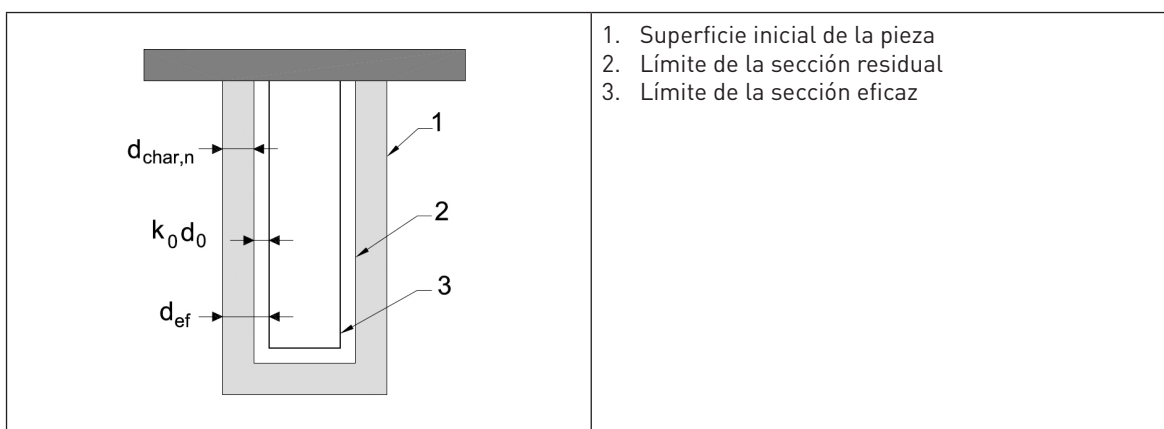
$d_{char,n}$ profundidad carbonizada nominal de cálculo; se determinará de acuerdo con el apartado E.2.2.

d_0 de valor igual a 7 mm.

k_0 Valor de cálculo para superficies no protegidas.

$t \geq 20 \text{ min.} \rightarrow k_0 = 1$

$t < 20 \text{ min.} \rightarrow k_0 = t/20$



3.5.5.2. Profundidad carbonizada

Se considerará que se produce carbonización en todas las superficies de madera.

Se entiende como profundidad carbonizada nominal de cálculo en una dirección, $d_{char,n}$, la distancia entre la superficie exterior de la sección inicial y la línea que define el frente de carbonización para un tiempo de exposición al fuego, que incluye el efecto del redondeo de las aristas; se determina según la expresión siguiente:

$$d_{char,n} = \beta_n \cdot t$$

siendo:

- t tiempo de exposición al fuego.
- β_n velocidad de carbonización nominal.

Para maderas sin protección, la velocidad de carbonización nominal de cálculo, β_n , se considera constante durante todo el tiempo de exposición al fuego, y su valor se determina de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla E.1. Velocidad de carbonización nominal de cálculo, β_n , de maderas sin protección	
Tipo de madera	β_n (mm/min)
Coníferas y haya	0,70
Madera laminada encolada con densidad característica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,80
Madera maciza con densidad característica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	
Fronzosas	0,70
Madera maciza o laminada encolada de frondosas con densidad característica de 290 kg/m^3 ⁽¹⁾	0,55
Madera maciza o laminada encolada de frondosas con densidad característica $\geq 450 \text{ kg/m}^3$	
Madera microlaminada	0,70
Con una densidad característica $\geq 480 \text{ kg/m}^3$	
[1] Los recubrimientos por exigencias de durabilidad pueden requerir valores superiores.	

3.5.6. Resistencia al fuego de los elementos de fábrica

Para la justificación de la resistencia al fuego (R y REI) de los elementos de fábrica, se puede considerar aceptable los valores de referencia indicados en el Anejo F del Documento Básico SI del CTE, tanto en el ámbito de aplicación de esta reglamentación como en el ámbito del RSCIEI u otros, dado el evidente reconocido prestigio del documento.

En las tablas F.1 y F.2 se establece, respectivamente, la resistencia al fuego que aportan los elementos de fábrica de ladrillo cerámico o silíceo calcáreo y los de bloques de hormigón, ante la exposición térmica según la curva normalizada tiempo-temperatura. Dichas tablas son aplicables solamente a muros y tabiques de una hoja, sin revestir y enfoscados con mortero de cemento o guarnecidos con yeso, con espesores de 1,5 cm como mínimo.

En el caso de soluciones constructivas formadas por dos o más hojas, se puede adoptar como valor de resistencia al fuego del conjunto la suma de los valores correspondientes a cada hoja.

Tabla F.1. Resistencia al fuego de muros y tabiques de fábrica de ladrillo cerámico o silíceo calcáreo								
Tipo de revestimiento		Espesor de la fábrica en mm.						
		Con ladrillo hueco			Con ladrillo macizo o perforado		Con bloques de arcilla aligerada	
		40 ≤ e < 80	80 ≤ e < 110	e ≥ 110	110 ≤ e < 200	e ≥ 200	140 ≤ e < 240	e ≥ 240
Sin revestir		(1)	(1)	(1)	REI-120	REI-240	(1)	(1)
Enfoscado	Por la cara expuesta	(1)	EI-60	EI-90	EI-180	REI-240	EI-180	EI-240
	Por las dos caras	EI-30	EI-90	EI-120	REI-180	REI-240	REI-180	REI-240
Guarnecido	Por la cara expuesta	EI-60	EI-120	EI-180	EI-240	REI-240	EI-240	EI-240
	Por las dos caras	EI-90	EI-180	EI-240	EI-240	REI-240	EI-240 RE-240 REI-180	EI-240

(1) No es usual.

Tabla F.2. Resistencia al fuego de muros y tabiques de fábrica de bloques de hormigón				
Tipo de cámara	Tipo de árido	Tipo de revestimiento	Espesor nominal en mm	Resistencia al fuego
Simple	Silíceo	Sin revestir	100	EI-15
			150	REI-60
			200	REI-120
	Calizo	Sin revestir	100	EI-60
			150	REI-90
			200	REI-180
	Volcánico	Sin revestir	120	EI-120
			200	REI-180
		Guarnecido por las dos caras	90	EI-180
Guarnecido por la cara expuesta (enfoscado por la cara exterior)			120	EI-180
		200	REI-240	
Doble	Arcilla expandida	Sin revestir	150	EI-180
		Guarnecido por las dos caras	150	RE-240 / REI-180

3.6. Sistemas y soluciones constructivas de compartimentación vigentes

Tras haber definido diferentes soluciones estructurales y haber presentado procedimientos simplificados de justificación de propiedades para las mismas, quedaría por resumir de forma sintetizada las diferentes soluciones, más o menos habituales, que dan respuesta a los requerimientos normativos de sectorización fija:

3.6.1. Sistemas fijos de sectorización vertical

- Elementos estructurales verticales (muros).
- Fábrica de ladrillo.
- Fábrica de bloque.
- Vidrios EI y EW.
- Sistemas de construcción en seco.

3.6.2. Sistemas fijos de sectorización horizontal

- Elementos estructurales horizontales (forjados).
- Falsos techos.
- Franjas cortafuegos.
- Suelos técnicos.
-

3.6.3. Sellado de pasos

- Sellados con mortero.
- Masillas intumescentes.
- Collarines intumescentes.
- Sacos intumescentes.
- Rejas intumescentes.
- Sistemas de protección de placas de lana de roca.
- Conductos.
- Espumas

4. Instalación y mantenimiento preventivo

4.1. Elementos portantes

La ejecución de los elementos portantes de ejecución en obra, con o sin función separadora del fuego, responde a las exigencias normativas y a buenas prácticas de construcción. La instalación de elementos o sistemas prefabricados se debe realizar según indicaciones del fabricante y se debe certificar debidamente una vez finalizado el proceso.

Las soluciones constructivas orientadas a satisfacer las exigencias de protección contra el fuego de aquellos elementos que lo requieran serán objeto de ficha técnica específica (ver ficha 1.4. Estabilidad al fuego. Protección Estructural).

4.2. Elementos o partes de obra no portantes

Si bien la ejecución de elementos de obra gruesa debe responder a buenas prácticas de ejecución, todos aquellos elementos o sistemas de construcción en seco deben responder a las determinaciones definidas por el fabricante y a que los productos hayan sido ensayados.

En cualquier caso, el fabricante tiene que suministrar las instrucciones necesarias para una correcta instalación del producto.

4.3. Mantenimiento

La edificación debe recibir un uso y mantenimiento adecuados para conservar y garantizar las condiciones iniciales de seguridad y funcionalidad. La falta de operaciones de mantenimiento preventivo puede generar la aparición de deficiencias que, en el mejor de los casos, pueden derivar en una pérdida de las prestaciones requeridas y, en el peor de ellos, pueden ser susceptibles de generar situaciones de riesgo a los propios usuarios del edificio o a terceros.

Tanto el CTE como el RSCIEI hacen referencia al necesario mantenimiento del edificio como una de las responsabilidades de los diferentes agentes que intervienen en el proceso constructivo.

No obstante, cabe decir que son muchas las reglamentaciones que exigen la conservación y mantenimiento de los edificios (Código Civil, Código Civil de Cataluña, Ley de Ordenación de la Edificación, Código Técnico de la Edificación, reglamentaciones técnicas y legislaciones estatales, autonómicas y municipales).

A continuación, se relacionan las actuaciones de control preventivo que se han de llevar a cabo y se propone la periodicidad recomendada de las mismas, con el objetivo de detectar el deterioro de los diferentes elementos y la consiguiente pérdida no controlada de prestaciones.

No es objeto del presente documento definir las operaciones de mantenimiento correctivo que se han de llevar a cabo, que en cada caso deberán ser objeto de análisis y propuesta por parte del técnico competente en función de la patología detectada.

4.3.1. Elementos portantes

La estructura puede resistir una carga limitada de acuerdo con su uso previsto en el proyecto.

Para no alterar su comportamiento y sus prestaciones de seguridad, es necesario que no se hagan modificaciones, cambios de uso y que se mantengan las condiciones previstas de carga y de protección al fuego para las que se ha construido el edificio. Esto implica evitar las actuaciones que impliquen la modificación del comportamiento estructural previsto o el aumento de las cargas que puedan afectar al grado de sollicitación de la estructura y, por tanto, a su capacidad de resistencia en caso de incendio.

Sin embargo, el paso del tiempo puede suponer una deterioración de las propiedades de los elementos estructurales y, por tanto, la aparición de patologías que pueden tener incidencia en la seguridad en caso de incendio. No bastará con alterar sus condiciones de servicio, sino que se deberán preservar sus características y mantenerlas en un buen estado de conservación.

4.3.1.1. Estructura de fábrica

El apartado 9 del DB SE-F, referido a mantenimiento, indica que el plan de mantenimiento establece las revisiones a las cuales se debe someter el edificio durante su período de servicio.

Como recomendación y con la periodicidad indicada se llevarán a cabo las siguientes operaciones de revisión preventivas:

Operación	Periodicidad
Comprobación de la aparición de deformaciones en los muros, desplomes, abombamientos, desplazamientos, fisuras, desconchados o dificultad de manio- bra de elementos móviles.	1 año
Comprobación que la estructura no está sometida a acciones superiores a las previstas.	3 años
Revisión de juntas de dilatación, comprobación que no han sufrido modificacio- nes y que el material de relleno está en condiciones.	5 años
Revisión de las fábricas que contengan armaduras de tendel que incluyan trata- mientos de autoprotección.	10 años
Revisión de todos los elementos que componen el muro de carga.	10 años

4.3.1.2. Estructura de hormigón

Como recomendación y con la periodicidad indicada se llevarán a cabo las siguientes operaciones de revisión preventivas:

Operación	Periodicidad
Comprobación del estado de la protección contra el fuego.	1 año
Comprobación de la aparición de fisuras, grietas en vigas, forjados y pilares o degradación del acero y sus recubrimientos; se tendrá especial precaución en la detección de armados vistos, manchas de óxido o desconchados.	1 año
Comprobación de la aparición de flechas en vigas y forjados o pandeo en pilares que superen los máximos admisibles.	5 años
Revisión de juntas de dilatación, comprobando que no han sufrido modificaciones y que el material de relleno está en condiciones.	5 años
Análisis de la resistencia del hormigón por medio de esclerómetro.	10 años
Revisión de todos los elementos que protegen la estructura.	10 años
Reposición de pintura o morteros de protección sobre hormigón estructural visto.	10 años
Revisión de todos los elementos que componen la estructura de hormigón.	10 años

4.3.1.3. Estructura de acero

El apartado 13 del DB SE-A indica que las estructuras convencionales de edificación, situadas en ambientes normales y realizadas conforme a las prescripciones de este DB y a las del DB SI, no requieren un nivel de inspección superior al que se deriva de las inspecciones técnicas rutinarias de los edificios. Se recomienda que estas inspecciones se realicen al menos cada 10 años, salvo en el caso de la primera, que se podrá desarrollar en un plazo superior. De igual modo se indica que el mantenimiento de la estructura metálica se hará extensivo a los elementos de protección, especialmente a los de protección ante incendio. Las actividades de mantenimiento se ajustarán a los plazos de garantía declarados por los fabricantes.

Como recomendación y con la periodicidad indicada se llevarán a cabo las siguientes operaciones de revisión preventivas:

Operación	Periodicidad
Comprobación del estado de la protección contra el fuego.	1 año
Comprobación de la aparición de flechas en vigas y forjados o pandeo en pilares que superen los máximos admisibles.	5 años
Reposición de pintura protectora a los elementos expuestos al ambiente exterior.	5 años
Revisión de todos los elementos que componen la estructura de acero.	10 años
Revisión destinada a la identificación de daños de carácter frágil como los que afectan a secciones o uniones (corrosión localizada, deslizamiento no previsto de uniones atornilladas, etc.) daños que no se pueden identificar a través de sus efectos en otros elementos no estructurales.	20 años

4.3.1.4. Estructura de madera

Sin que el DB-SE M haga ninguna mención expresa a las condiciones de mantenimiento de las estructuras de madera, hay que remitirse a las condiciones generales de mantenimiento del CTE.

Como recomendación y con la periodicidad indicada se llevarán a cabo las siguientes operaciones de revisión preventivas:

Operación	Periodicidad
Comprobación de la rotura parcial de elementos y fisuración en los paramentos; puertas y ventanas que no cierran bien; pudrición, presencia de hongos o xilófagos, o pérdida de material.	1 año
Comprobación del estado de la protección contra el fuego (reposición según indicaciones del fabricante).	1 año
Comprobación de la aparición de flechas en vigas y forjados que superen los máximos admisibles.	5 años
Reposición de pintura protectora a los elementos expuestos al ambiente exterior.	5 años
Reposición de pintura protectora a los elementos vistos no expuestos al ambiente exterior.	10 años
Revisión de todos los elementos que componen la estructura de madera.	10 años

4.3.2. Elementos o partes de obra no portantes

Asegurada la correcta ejecución de la obra y sus componentes, se debe comprobar de forma periódica el correcto estado de los elementos que componen el edificio y que garantizan, entre otras cosas, el cumplimiento de las exigencias en materia de protección contra incendios.

No basta con no alterar las condiciones de instalación, sino que se deben preservar sus características y mantener los diferentes elementos y partes de la obra en un buen estado de conservación.

En tanto que objeto del presente documento el análisis de los elementos de sectorización fija y sus características de resistencia al fuego, se definen dos grandes grupos:

4.3.2.1. Divisiones interiores

Este apartado se refiere a los elementos que permiten garantizar las condiciones de compartimentación interior de la edificación y los establecimientos y que limitan el riesgo de propagación del incendio por el interior del edificio.

Como recomendación y con la periodicidad indicada, se llevarán a cabo las siguientes operaciones de revisión preventivas:

Operación	Periodicidad
Paredes de fábrica	
Comprobación visual del estado de los elementos de sellado	Seis meses
Revisión del estado de conservación de las paredes para comprobar que no haya síntomas de lesiones como fisuras, grietas, deformaciones, degradaciones o humedades. Se observará también que las paredes no estén sometidas a sobrecargas no previstas.	3 año
Acrilamientos	
Revisión de las juntas de estanquidad; reposición de las que no presenten un buen estado o tengan defectos que produzcan filtraciones.	5 años
Comprobación de la fijación con el marco y de su estado de conservación. Los vidrios no deben presentar fisuras, roturas o defectos que rompan la estanquidad del cerramiento o que puedan provocar desprendimientos y caída de piezas.	5 años
Chimeneas	
Inspección del estado observando la estabilidad, la estanquidad de las juntas con la obra, la ausencia de elementos extraños anclados y la de obstrucciones que puedan dificultar su funcionamiento.	5 años

4.3.2.2. Cerramientos

Refiriéndonos a los elementos que permiten garantizar las condiciones de compartimentación exterior, las fachadas y cubiertas se utilizarán exclusivamente para el uso previsto en el proyecto y se mantendrán las prestaciones de seguridad y salubridad específicas para las que se ha construido el edificio.

A tal efecto, las medianerías y los cierres de los patios tendrán la consideración de fachadas.

No está permitido realizar, en fachadas o cubiertas, modificaciones o colocar elementos ajenos que puedan representar la alteración de su configuración arquitectónica sin un análisis previo.

En las fachadas, balcones, azoteas o cubiertas, no se debe proceder sin estudio previo a la formación de cerramientos o al almacenamiento de materiales que puedan representar una modificación de la morfología o la alteración de las condiciones de propagación exterior de incendio.

4.3.3. Fachadas

Como recomendación y con la periodicidad indicada, se llevarán a cabo las siguientes operaciones de revisión preventivas:

Operación	Periodicidad
Cerramientos de fábrica	
Comprobación del estado de puntos singulares en fachadas.	3 años
Inspección técnica de alteraciones. La pared no debe presentar humedades ni sobrecargas o anclajes de elementos no previstos.	5 años
Comprobación de existencia de grietas y fisuras, desplomes u otras deformaciones en la hoja principal.	5 años
Cerramientos ligeros	
Inspección de la estructura auxiliar del muro cortina.	2 años
Inspección del estado de conservación de las juntas de los paneles del muro cortina.	2 años
Comprobación del estado de puntos singulares en fachadas	3 años
Inspección del estado general del muro cortina.	5 años
Comprobación de posible existencia de grietas y fisuras, desplomes u otras deformaciones en la hoja principal.	5 años
Inspección del estado general de conservación del cerramiento. Se comprobará la ausencia de síntomas o defectos que pongan de manifiesto lesiones o deterioros.	5 años
Comprobación del estado de limpieza de aberturas de ventilación de la cámara.	10 años

4.3.4. Cubiertas

Como recomendación y con la periodicidad indicada, se llevarán a cabo las siguientes operaciones de revisión preventivas:

Operación	Periodicidad
Comprobación de la estanquidad de las juntas de dilatación de la cubierta plana.	1 año
Comprobación del estado de conservación de los puntos singulares	3 años
Inspección técnica general del conjunto de la cubierta.	5 años

5. Caso práctico

5.1. Introducción

El objetivo de este caso práctico es mostrar, a través de una sencilla tipología constructiva, los aspectos más relevantes sobre los que versa el presente documento, identificando aspectos que se deben considerar, ejemplificando posibles soluciones constructivas y planteando justificaciones prácticas.

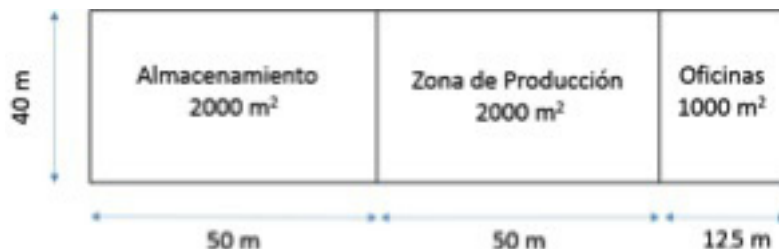
5.2. Definición

El caso práctico que se presenta a continuación consiste en una nave industrial dedicada a la fabricación de alimentos precocinados y su posterior almacenamiento a temperaturas inferiores a 0 °C para su conservación. Además, la nave industrial presentará una zona de oficinas para uso administrativo.

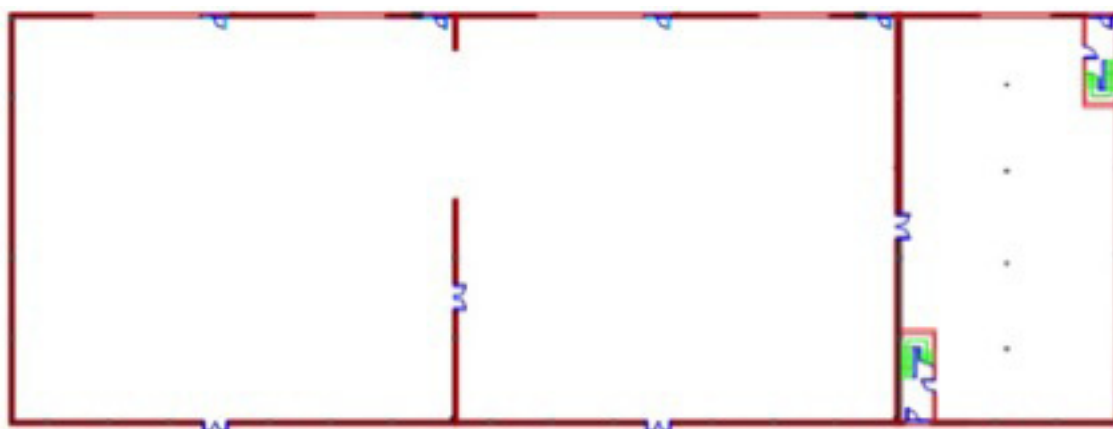
5.3. Ubicación

La nave industrial se encuentra localizada en una parcela dentro de un polígono industrial y consta de un único edificio exento, que ocupa una sola planta sobre rasante en la zona de producción y almacenamiento, así como planta baja y planta piso en la zona de oficinas.

La nave tiene una longitud de 112,5 m, una anchura de 40 m y una altura libre de 8 m. La superficie total de nave industrial es de 5000 m². Todas las fachadas de la nave son accesibles a los servicios de extinción de incendios.



Nave industrial objeto de estudio



Croquis de planta de la nave industrial objeto de estudio



Croquis de sección de la nave industrial objeto de estudio

La parcela de la nave industrial se encuentra rodeada por una acera de 3 m de anchura y un vial de 20 m formado por dos carriles por sentido separados por una mediana.

5.4. Caracterización de la actividad

Los establecimientos industriales se caracterizan según:

- Configuración y ubicación con relación a su entorno.
- Nivel de riesgo intrínseco.

Por lo dispuesto en el Anexo I del RSCIEI, la nave industrial de este caso práctico, en relación a su configuración y ubicación, será considerada TIPO C, dado que el establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio y está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos.

5.5. Sectores de incendio

En la nave industrial se desarrollan principalmente las actividades de almacenamiento, fabricación y tareas administrativas. Estas tres actividades constituirán un único sector total que, a su vez, se dividirá en 3 sectores interiores de incendio.

Sector 1: Zona de almacenamiento (2000 m²).

Sector 2: Zona de producción de alimentos precocinados (2000 m²).

Sector 3: Zona de oficinas (1000 m²).

5.6. Legislación aplicable a los sectores de incendio

Para los sectores 1 y 2 será de aplicación el RSCIEI.

Para el sector 3 será de aplicación el Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio del Código Técnico de la Edificación, (CTE DB SI), de acuerdo con el artículo 3 "Compatibilidad reglamentaria", punto 2, al disponer de una zona administrativa de superficie construida superior a 250 m².

5.7. Cálculo del nivel de riesgo intrínseco y superficie máxima de sector

Para realizar el cálculo del nivel de riesgo intrínseco de cada recinto se debe tener en cuenta la carga de fuego del continente y contenido.

En la tabla 1.2 del RSCIEI se muestra una relación de las cargas de fuego tanto para actividades de almacenamiento como de producción, así como el riesgo de activación de cada una de ellas. El nivel de riesgo intrínseco de cada uno de los sectores se puede calcular a través de dicha tabla o mediante el cálculo por masas según el poder calorífico de los materiales.

Para este caso, se hace la siguiente hipótesis de cálculo: los sectores 1 y 2 presentan una carga de fuego ponderada y corregida entre 1700 y 3400 MJ/m². Esta hipótesis conduce a un nivel de riesgo intrínseco MEDIO 5 para cada uno de los sectores considerados.

Finalmente, tras calcular el nivel de riesgo intrínseco de los sectores 1 y 2 y mirar la tabla 2.1 del Anexo II, se observa que la máxima superficie construida para cada sector es de 3500 m². Por tanto, las superficies de los sectores 1 y 2 están permitidas por el RSCIEI.

A la zona de uso administrativo, al superar los 250 m², en aplicación del artículo 3 del capítulo I del RSCIEI, se le aplican las determinaciones del CTE DB SI. Para no superar el límite de superficie máxima de sector, se considera cada planta como un sector independiente. Se supone, además, que por cuestiones de configuración se dispone en cada una dos sectores de 250 y 750 m², respectivamente.

5.8. Exigencias de Resistencia al fuego

5.8.1. Zona de uso industrial

En aplicación reglamentaria de RSCIEI se determina que:

Condiciones exigidas de estabilidad al fuego					
Exigencia			Condiciones		
Estabilidad al fuego de los elementos estructurales portantes en función del tipo de elemento			Nivel de riesgo intrínseco		
			Bajo	Medio	Alto
TIPO C	Elementos estructurales portantes y escaleras que sean recorrido de evacuación ⁽¹⁾	Planta sótano	R 60	R 90	R 120
		Planta sobre rasante	R 30	R 60	R 90
	Estructura principal de cubiertas ligeras y sus soportes ⁽²⁾		No exigible	R 15	R 30
	Estructura portante en edificios de una sola planta con cubierta ligera ⁽⁵⁾		No exigible	No exigible	R 15

Condiciones exigidas de resistencia al fuego		
Exigencia	Condiciones	
Resistencia al fuego de elementos constructivos delimitadores de sector.	No será inferior a la estabilidad al fuego exigida en la tabla 2.2 del Anexo II del RESCIEI	
Resistencia al fuego de elementos constructivos de cerramiento	Sin función portante	Para riesgo bajo: EI 120
		Para riesgo medio: EI 180
		Para riesgo alto: EI 240
	Con función portante	Para riesgo bajo: REI 120
		Para riesgo medio: REI 180
		Para riesgo alto: REI 240
Resistencia al fuego de medianería, forjado o pared que acomete una fachada	El de la fachada $\geq \frac{1}{2}$ El del elemento constructivo, en una franja cuya anchura será $\geq 1\text{m}^{(1)}$. Cuando el elemento constructivo acomete en un quiebro de la fachada que forma ángulo $< 135^\circ$ la anchura será $\geq 2\text{m}^{(1)}$.	
Resistencia al fuego de medianería o elemento constructivo de compartimentación que acomete la cubierta	El de la cubierta $\geq \frac{1}{2}$ El del elemento constructivo, en una franja cuya anchura será $\geq 1\text{m}$. No se exige cuando la medianería se prolonga como mínimo 1 m por encima de la cubierta.	

5.8.2. Zona de uso administrativo

En aplicación reglamentaria de CTE se determina que:

Límites de sector				
Exigencia		Condiciones ⁽¹⁾		
Resistencia al fuego de paredes y techos que separan al sector considerado del resto del edificio; su uso previsto es:	Plantas bajo rasante	Plantas sobre rasante en edificio con altura de evacuación:		
		$h \leq 15\text{ m}$	$15 < h \leq 28\text{ m}$	$h > 28\text{ m}$
- Administrativo	EI 120	EI 60	EI 90	EI 120
Elementos estructurales principales				
Exigencia		Condiciones		
Resistencia suficiente al fuego de los elementos estructurales en función del uso previsto del sector:	Plantas bajo rasante	Plantas sobre rasante en edificio con altura de evacuación:		
			$15 < h \leq 28\text{ m}$	$h > 28\text{ m}$
- Administrativo	EI 120	R 60	R 90	R 120

5.8.3. Supuestos de análisis

En el establecimiento objeto de análisis se encuentran los siguientes elementos:

a. En la zona de uso industrial

- Elementos de compartimentación entre sectores de fábrica de bloque sin revestir, de 20 cm de espesor.
- Elementos de cableado pasantes a través de elementos de fábrica de bloque y que cruzan diversos sectores.
- Elementos de renovación de aire que sirven a un sector y que pasan por otro contiguo.
- Cubierta ligera sustentada por estructura metálica, sin ninguna EI assignable, con disposición de franja cortafuegos bajo cubierta.

b. En la zona de uso administrativo

- Elementos de compartimentación respecto a la zona industrial de fábrica de ladrillo hueco con un espesor superior a 110 cm, enfoscados por una cara y guarnecidos por la otra, sin función portante.
- Elementos de compartimentación de escaleras de evacuación de fábrica de ladrillo hueco guarnecido por las dos caras con un espesor superior a 110 cm.
- Cubierta inclinada de paneles de hormigón prefabricado con un resistencia al fuego superior a una REI 60, en la que se sitúan seis lucernarios de 1 m² y cerramientos de fachada totalmente acristalados, con antepecho de 1 metro.
- Diferentes soluciones estructurales verticales y horizontales.

5.8.4. Resolución de supuestos

a. Zona de uso industrial

- Elementos de compartimentación entre sectores de fábrica de bloque sin revestir, de 20 cm de espesor.

De acuerdo con las tablas 1 y 2 del Anejo F del DB SI, se determina la resistencia al fuego de los elementos de fábrica. Por tanto:

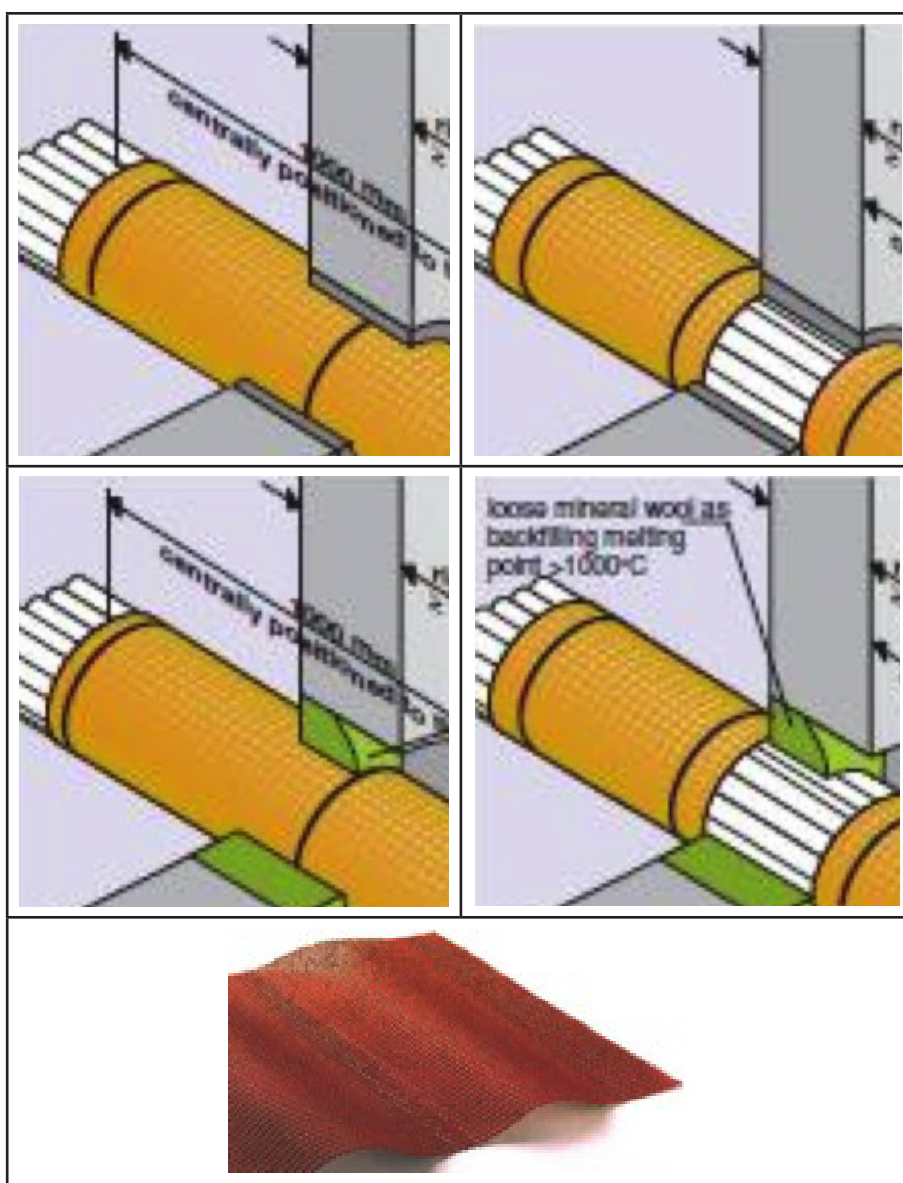
Tabla F.2. Resistencia al fuego de muros y tabiques de fábrica de bloques de hormigón				
Tipo de cámara	Tipo de árido	Tipo de revestimiento	Espesor nominal en mm	Resistencia al fuego
Simple	Síliceo	Sin revestir	100	EI-15
			150	REI-60
			200	REI-120

- Elementos de cableado pasantes a través de elementos de fábrica de bloque y que cruzan diversos sectores.

Se opta por la disposición de solución de sellado Malla HAPUFLAM 8002 capaz de proporcionar una EI120, que aporta una protección de cables desde el exterior y desde el interior con una termoestabilidad 120 minutos a 750 -1100 °C. Que, si bien permite la disipación de calor dada su permeabilidad, cambia de color en las zonas donde se encuentra material extremadamente caliente, y permite determinar visualmente la ubicación de un incendio a la vez que su intumescencia lo sofoca y contiene. Su facilidad de instalación y de uso permite el libre acceso a cualquier área de los cables eléctricos, retiro y sustitución de cables viejos e instalación de nuevos elementos sin ningún tipo de restricciones.

- Elementos de renovación de aire que sirven a un sector industrial atravesando al contiguo.

Se opta por la disposición de conductos resistentes al fuego.



Tipo del sistema de aislamiento: vendaje

El “tejido de protección contra el fuego Hapuflam” es un sistema de cierre para efectuar un sellado o aislamiento con objeto de restablecer la capacidad de resistencia al fuego de las construcciones de paredes y techos en las aperturas a través de las cuales pasan las conducciones de suministro. En caso de fuego (en el interior, por ejemplo, incendio de un cable), el “tejido de protección contra el fuego Hapuflam” forma una espuma con pequeños poros que se hincha para cerrar las grietas y las ranuras. Gracias a su elevada flexibilidad y a su máxima resistencia a la tracción, el tejido constituye una protección firme contra el fuego cuando se trata de conducciones. Se debe instalar a los dos lados de la pared según documentación técnica, que concuerda con las normas del Instituto Austriaco para la Técnica de la Construcción.

El “tejido de protección contra el fuego Hapuflam” se utiliza fundamentalmente en una sola capa, se suministra con los grosores de 1,6 a 2,2 mm, con una anchura de 500 mm a 1000 mm y una longitud cortada de 1500 mm. El peso unitario es de 1,55 kg/m² hasta 1,85 kg/m². Se utiliza para el bloqueo del humo y de las corrientes de aire, para la hermeticidad contra el aire y contra el agua, y la grieta se debe cubrir con mortero de cemento o con lana mineral como material de relleno, de conformidad con las normas detalladas y con la información técnica del titular del documento de idoneidad.

- Elementos de renovación de aire que sirven a un sector industrial atravesando al contiguo.

Se opta por la disposición de conductos resistentes al fuego.

		<p>(v_e o → i) N^o de ensayo 28007-2</p>
		<p>(h_0 o → i) N^o de ensayo 27662-2</p>

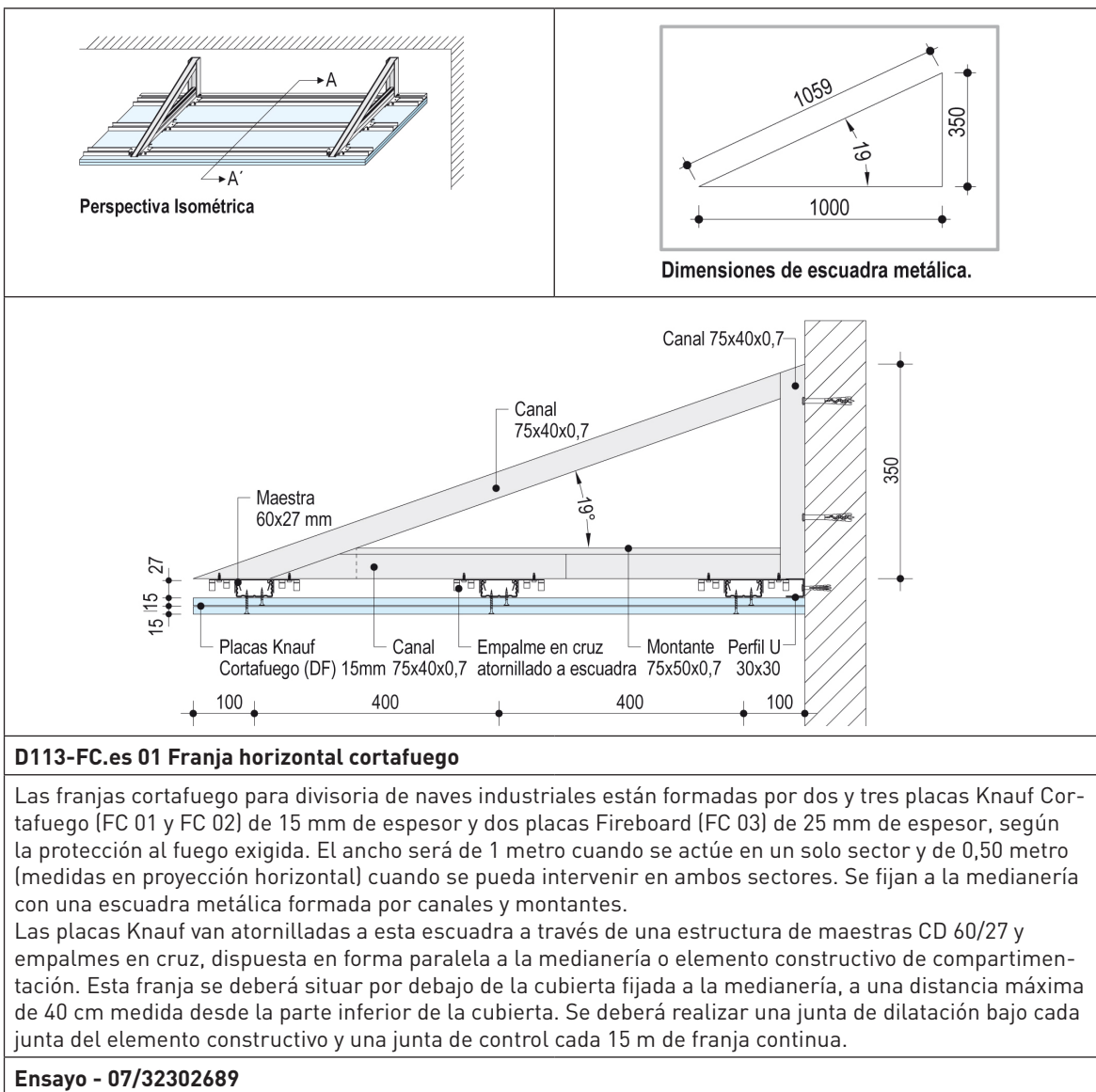
K27.es Knauf Protección al fuego de conductos de ventilación

El sistema Knauf de Protección al fuego de conductos de ventilación K271.es está conformado por una estructura de soporte compuesta por perfiles perforados 50x40x3 mm de espesor suspendidos por varillas roscadas de métrica 16. Sobre estos perfiles se apoyan dos placas Knauf Fireboard, que rodean el perímetro del conducto metálico y van sujetas entre sí por medio de grapas. En las zonas de apoyos del conducto, se sitúa una tira de placa de 200 mm de ancho y 25 mm de espesor.

- Cubierta ligera metálica con disposición de franja cortafuegos bajo cubierta.

A priori, a falta de debida justificación, no se considera resistencia alguna de los elementos principales de la estructura. Por este motivo, se debe proceder a su protección contra el fuego para dotar de una R 15 a la estructura principal de cubierta y de una R 60 a sus soportes, aplicando los criterios de la ITC SP 117 “Resistencia al fuego de la estructura de cubiertas ligeras de los establecimientos industriales”.

Por lo que se refiere a la necesaria disposición de franja cortafuegos bajo cubierta, se opta por la siguiente solución constructiva:



b. Zona de uso administrativo

- Elementos de compartimentación respecto a la zona industrial de fábrica de ladrillo hueco con un espesor superior a 110 cm, enfoscado por una cara y guarnecido por la otra, sin función portante.

De acuerdo con las tablas 1 y 2 del Anejo F del DB SI:

Tabla F.1. Resistencia al fuego de muros y tabiques de fábrica de ladrillo cerámico o silíceo-calcáreo								
Tipo de revestimiento		Espesor e de la fábrica en mm						
		Con ladrillo hueco			Con ladrillo macizo o perforado		Con bloques de arcilla aligerada	
		40≤e<80	80≤e<110	e≥110	110≤e<200	e≥200	140≤e<240	e≥240
Enfoscado	Por la cara expuesta	⁽¹⁾	EI-60	EI-90	EI-180	REI-240	EI-180	EI-240
Guarnecido	Por la cara expuesta	EI-60	EI-120	EI-180	EI-240	REI-240	EI-240	EI-240

- Elementos de compartimentación de escaleras de evacuación de fábrica de ladrillo hueco guarnecido por las dos caras con un espesor superior a 110 cm.

De acuerdo con las tablas 1 y 2 del Anejo F del DB SI:

Tabla F.1. Resistencia al fuego de muros y tabiques de fábrica de ladrillo cerámico o silíceo-calcáreo								
Tipo de revestimiento		Espesor e de la fábrica en mm						
		Con ladrillo hueco			Con ladrillo macizo o perforado		Con bloques de arcilla aligerada	
		40≤e<80	80≤e<110	e≥110	110≤e<200	e≥200	140≤e<240	e≥240
Guarnecido	Por las dos caras	EI-90	EI-180	EI-240	EI-240	REI-240	EI-240 RE-240 REI-180	EI-240

- Cubierta plana de hormigón prefabricado con seis lucernarios de 1 m² y cerramientos de fachada totalmente acristalados, con antepecho de 1 metro.

Para determinar la resistencia exigible a la cubierta se supondrá que, en el ámbito de aplicación del proyecto, le es aplicable en tiempo equivalente de exposición al fuego según los siguientes datos de partida:

Superficie del suelo del sector $A_f = 750 \text{ m}^2$
 Superficie de las aberturas en fachada $A_v = 150 \text{ m}^2$
 Altura del sector de incendio $H = 3 \text{ m}$

$$t_{e,d} = k_b \cdot w_f \cdot k_c \cdot q_{f,d}$$

Coefficiente función de las propiedades térmicas de la envolvente del sector $k_b = 0,07$

Coefficiente de ventilación w_f

$$\alpha_v = 150/750 = 0,2$$

$$\alpha_h = 15/750 = 0,02$$

$$b_v = 12,5 \cdot (1 + 2 - 0,04) = 37$$

$$w_f = (6/3)^{0,3} \cdot [0,62 + 90 \cdot (0,4 - 0,2)^4 / (1 + 37 \cdot 0,02)] = 0,861$$

Coefficiente de corrección $k_c = 1,0$

Valor de cálculo de la densidad de carga de fuego $q_{f,d}$

$$q_{f,k} = 520$$

$$m = 0,8$$

$$\delta_{q1} = 1,90$$

$$\delta_{q2} = 1,00$$

$$\delta_n = 0,87 \text{ (se determina la existencia de detección automática en el sector)}$$

$$\delta_c = 1,00$$

$$q_{f,d} = 520 \cdot 0,8 \cdot 1,90 \cdot 1,00 \cdot 0,87 \cdot 1,00 = 687,64$$

El tiempo para el que se debe justificar la estabilidad al fuego de la estructura de acuerdo con los parámetros definidos es:

$$t_{e,d} = 0,07 \cdot 0,861 \cdot 1,00 \cdot 687,64 = 41,44 \text{ minutos}$$

Por tanto, al ser la REI de los elementos prefabricados que forman la cubierta superior al tiempo equivalente de exposición al fuego, se considera que satisface la exigencia normativa.

Analisis de estructura vertical formada por pilares de hormigón de sección cuadrada.

Los datos de partida de la sección evaluada son:

Pilar de hormigón de sección cuadrada de 40 x 40 cm
Hormigón HA-25/b/IIa
Armado principal: 4 Ø 16
Estribos: Ø 6 cada 15 cm
Acero B500S ($f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$)
Recubrimiento nominal de 35 mm
Coeficiente de utilización 0,6

Se evalúa el elemento según el método simplificado de cálculo definido en el apartado C.2 del Anejo C del DB SI. Por tanto, se define como distancia mínima equivalente al eje a_m según la expresión siguiente:

$$a_m = \frac{\sum [A_{si} \cdot f_{yki} \cdot (a_{si} + \Delta a_{si})]}{\sum A_{si} \cdot f_{yki}}$$

Según los datos de partida:

$$A_{si} = \pi \cdot R^2 = \pi \cdot (16 / 2)^2 = 201,06 \text{ mm}^2$$

$$a_{si} = 35 + 6 + 8 = 49 \text{ mm}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ N / mm}^2$$

Considerando un acero de armar y tratándose de la evaluación de un elemento distinto de vigas o losas, se determina $\Delta a_{si} = 0$

Se determina:

∅	A _{si}	f _{yki}	a _{si}	Δa _{si}		A _{si} · f _{yki} · (a _{si} + Δa _{si})
16	201,06	500	49	0		4926028,8
16	201,06	500	49	0		4926028,8
16	201,06	500	49	0		4926028,8
16	201,06	500	49	0		4926028,8
					Total	19794115,2
∅	A _{si}	f _{yki}				A _{si} · f _{yki}
16	201,06	500				100531,2
16	201,06	500				100531,2
16	201,06	500				100531,2
16	201,06	500				100531,2
					Total	402124,8

De lo que resulta:

$$a_m = \frac{19794115,2}{402124,8} = 49 \text{ mm}$$

Hay un pilar con un lado menor de 400 mm y una distancia mínima equivalente al eje de 49 mm.

Tabla C.2. Elementos a compresión			
Resistencia al fuego	Lado menor o espesor b _{mín} / Distancia mínima equivalente al eje a _m (mm) ⁽¹⁾		
	Soportes	Muro de carga expuesto por una cara	Muro de carga expuesto por ambas caras
R 30	150 / 15 ⁽²⁾	100 / 15 ⁽³⁾	120 / 15
R 60	200 / 20 ⁽²⁾	120 / 15 ⁽³⁾	140 / 15
R 90	250 / 30	140 / 20 ⁽³⁾	160 / 25
R 120	250 / 40	160 / 25 ⁽³⁾	180 / 35
R 180	350 / 45	200 / 40 ⁽³⁾	250 / 45
R 240	400 / 50	250 / 50 ⁽³⁾	300 / 50

Por tanto, al ser ambos valores superiores, se da cumplimiento a la relación exigible para la R 60 requerida.

HAPUFLAM

LA MALLA PROTECTORA CONTRA INCENDIOS

INNOVACION – SEGURIDAD – FUTURO

NOVEDAD

DURABILIDAD EXTERIOR
ETAG 024 TIPO X



Fire Project



120 MIN

DISTRIBUIDOR OFICIAL

Telf. 91 557 22 07
www.guerin.es



guerin.divisionoilandgas@sonepar.es

Protección cables de telecomunicación



Protección de cables de instrumentación, telecomunicación, etc.
 Durabilidad al exterior ETAG 026 TIPO X

> Más información

Sellado



Aporta una protección de cables desde el exterior con una termo-estabilidad de 120 minutos a 750 -1100 grados.

> Más información

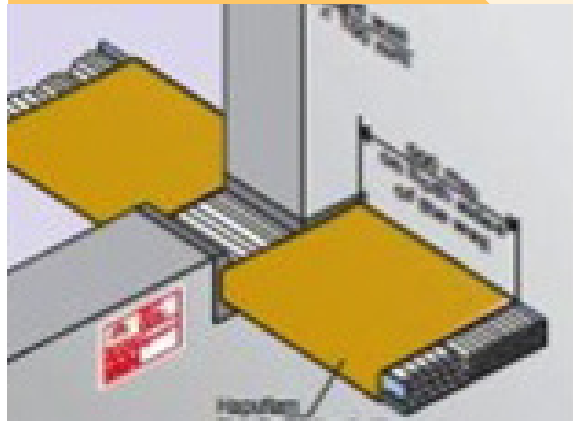
Protección EI 120 bandejas y haces de cables



Permite la disipación de calor de su permeabilidad, cambia de color en las zonas donde se encuentra el material extremadamente caliente, permitiendo determinar visualmente la ubicación de un incendio a la vez que su intumescencia lo sofoca y contiene.

> Más información

Sellado



Fácil de instalar y de usar, que permite el libre acceso a cualquier área de los cables eléctricos, retiro y sustitución de cables viejos e instalación de nuevos elementos sin ningún tipo de restricciones.

> Más información

Soluciones para la Protección Pasiva contra incendios.

Más de 300 soluciones en base yeso para la protección pasiva y el cumplimiento de CTE DB SI y el RSCIEI:

- Sectorización contra el fuego. Tabiques, techos y trasdosados.
- Patinillos de instalaciones y huecos de ascensores.
- Protección de estructuras metálicas y forjados.
- Franjas cortafuego.
- Sistemas especiales para grandes alturas.

Y además:

- Asesoramiento especializado.
- Herramientas para proyectos. Objetos BIM y CAD y banco de precios ITEC.
- APP: Cálculo de espesor de protección de perfiles normalizados.

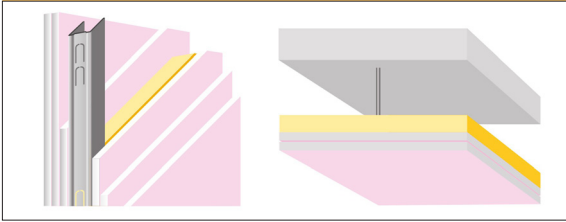


Puedes acceder a la descarga del catálogo completo de **Soluciones en Protección Pasiva**, con todos los datos sobre prestaciones frente al fuego, a través de este código QR o en la web www.placo.es.

1.2. Resistencia al fuego, requerimientos normativos y sectorización fija
 Colección Fichas Seguridad Contra Incendios



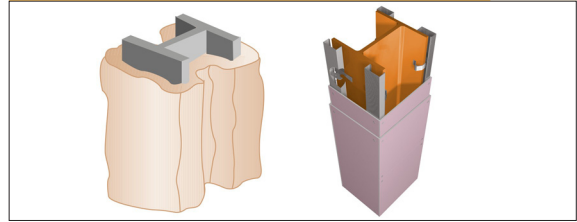
Sectorización: Trasdosados, techos y tabiques



Delimitación de recintos protegidos resistentes al fuego en tabiques, techos y trasdosados, garantizando una protección de hasta EI 180.

> Más información

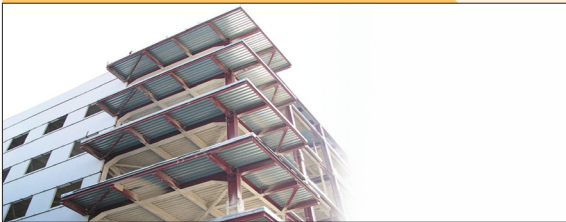
Protección de estructura metálica



Protección de vigas y pilares metálicos mediante mortero proyectado Igniver y cajeados de PYL con placa PPF hasta R180.

> Más información

Protección de forjados mixtos



Protección de forjados de chapa colaborante con mortero de yeso Igniver para reducir la transferencia térmica y conseguir hasta REI 120.

> Más información

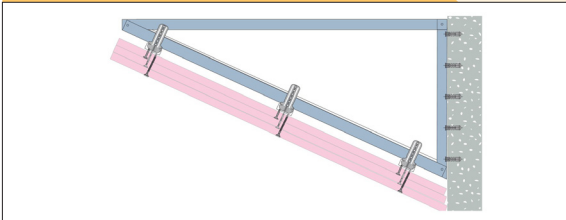
Sistemas para ascensores y patinillos



Sistema Shaftwall para la compartimentación de huecos de ascensor con resistencia al fuego de hasta EI 180 por las dos caras.

> Más información

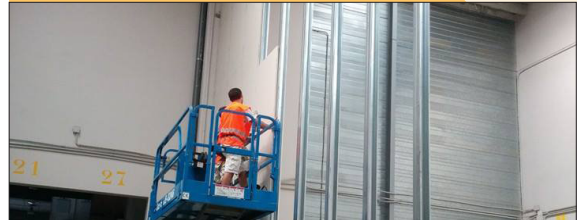
Franjas de encuentro



Franjas de encuentro para impedir la propagación del fuego entre dos recintos industriales contiguos a través de la cubierta hasta EI 120.

> Más información

Sistemas para grandes alturas



Sistema High Stil para tabiques de gran altura, alcanzando hasta los 10 metros de altura, con un EI de hasta 120 minutos.

> Más información

Asesoramiento en proyectos



Asesoramiento para proyectos técnicos, cumplimiento de la normativa y ensayos para la justificación de soluciones constructivas.

> Más información

Objetos BIM y APP



Base de datos de objetos BIM y detalles CAD y herramienta para el cálculo del factor de forma para protección de perfiles metálicos.

> Más información

SISTEMAS RESISTENTES AL FUEGO



Nuevos ensayos con placa Knauf DF

Las placas Knauf Cortafuego pueden ser utilizadas en cualquier unidad de obra, en interior, como aplacado de cierre de los sistemas de construcción en seco, donde se requiera una mayor resistencia al fuego.

SEGÚN UNE EN 520 PLACA CORTAFUEGO DF DE DENSIDAD CONTROLADA Y COHESIÓN DE ALMA MEJORADA A ALTAS TEMPERATURAS

TABIQUE EI 120' 2 x (2 x DF 12,5)

Sistema de partición vertical que permite sectorizar hasta 120 minutos de protección al fuego. Se compone de una única estructura y doble placa Knauf Cortafuego de 12,5 mm a cada lado.

TRASDOSADO EI 120' 2 x DF 25

Perfecto para revestir un muro base ya sea arriostrado a un elemento de soporte o como un sistema autoportante que detiene 2 horas la propagación del fuego. Se aplica en sistemas de interior y en patinillos de instalaciones. Se compone de dos placas Knauf Cortafuego DF 25.

TECHOS CONTINUOS EI 45' 1 x DF 25 y EI 120' 2 x DF 25

Cuando se requiere una sectorización de espacios sin colaboración de los elementos constructivos. Sistema de compartimentación horizontal que garantiza 45 ó 120 minutos de protección. Compuesto por una o dos placas Knauf Cortafuego DF 25 respectivamente.



1.2. Resistencia al fuego, requerimientos normativos y sectorización fija
 Colección Fichas Seguridad Contra Incendios

Tabique EI 120'



Sistema de partición vertical permite sectorizar dos recintos con protección al fuego. EI 120 minutos compuesto de una estructura y doble placas Knauf Cortafuego de 12,5 mm.

> Más información

Trasdosado EI 120'



Para revestir un muro base, arriostrado a elemento de soporte o como un sistema autoportante. Con protección al fuego de 2 horas en ambos sentidos.

> Más información

Techo suspendido EI 120'



Es un sistema de compartimentación horizontal no portante que garantiza 120 minutos de protección.

> Más información

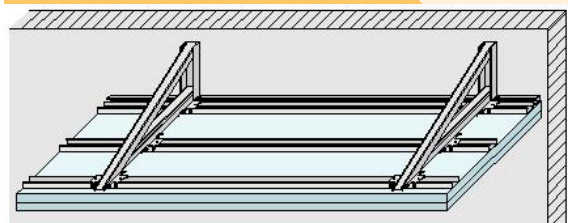
Suelo técnico REI 30/ REI 60



Sistema versátil con pedestales regulables que permiten colocar diversos tipos de instalaciones. Podemos alcanzar hasta 1 hora de protección al fuego.

> Más información

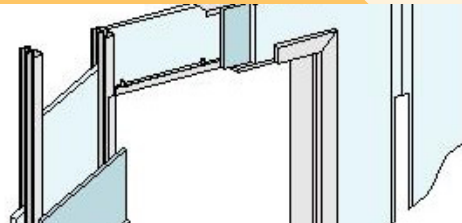
Franjas cortafuegos



EI 60', 90' y 120' minutos. Franjas que constituyen barreras cortafuegos de 1 metro de ancho y evitan el paso del fuego a otra nave o hacia la cubierta.

> Más información

Sistema Shaftwall



Instalación por una sola cara, perfecto para cerramientos de hueco de ascensor, escaleras y patinillos. Protección al fuego por ambas caras EI 120' y EI 180'.

> Más información

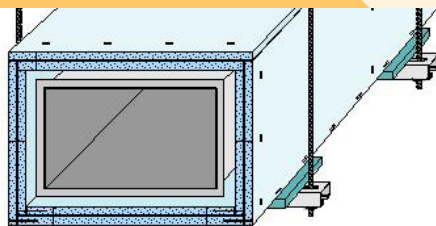
Protección de estructuras metálicas



Las estructuras de acero requieren de una protección especial al fuego según su masividad. Con placa Knauf Cortafuego puede proteger desde R15' hasta R180'.

> Más información

Conductos de ventilación



Con doble placa Fireboard de 25 mm que funcionamiento de este tipo de instalaciones. Protección EI 120 desde el interior y EI 180 desde el exterior.

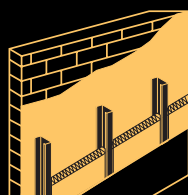
> Más información

COLECCIÓN FICHAS SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS



ENGINYERS BCN

© Col·legi d'Enginyers Graduats i Enginyers Tècnics Industrials de Barcelona



www.engineersbcn.cat/manuals

Con el soporte de:

Fire Project



KNAUF

Proveedores comerciales:

ENGINEERS BCN



COL·LEGI D'ENGINYERS GRADUATS
I ENGINYERS TÈCNICS INDUSTRIALS
DE BARCELONA



Management
System
ISO 9001:2008
ISO 14001:2004
www.tuv.com
ID 9105083007