

Documento Básico **SI**

Seguridad en caso de incendio

- SI 1 Propagación interior
- SI 2 Propagación exterior
- SI 3 Evacuación
- SI 4 Detección, control y extinción del incendio
- SI 5 Intervención de los bomberos
- SI 6 Resistencia al fuego de la estructura

Noviembre 2003

Generalidades

I Objeto

Este Documento Básico (DB) tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de seguridad en caso de incendio. Las secciones de este DB se corresponden con las exigencias básicas SI 1 a SI 6. La correcta aplicación de cada sección supone el cumplimiento de la exigencia básica correspondiente. La correcta aplicación del conjunto del DB supone que se satisface el requisito básico "Seguridad en caso de incendio".

Tanto el objetivo del requisito básico como las exigencias básicas se establecen el artículo 11 de la Parte 1 de este CTE y son los siguientes:

Artículo 11. Exigencias básicas de seguridad en caso de incendio (SI)

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 del proyecto, de la construcción y del *mantenimiento* del edificio.

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 a continuación.

El Documento Básico "DB SI Seguridad en caso de Incendio" especifica los parámetros objetivos y los procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de seguridad en caso de incendio.

11.1. Exigencia básica SI 1: Propagación interior

Se limitará el *riesgo* de propagación del incendio por el interior del *edificio*.

11.2. Exigencia básica SI 2: Propagación exterior

Se limitará el *riesgo* de propagación del incendio por el exterior, tanto en el *edificio* considerado como a otros *edificios*.

11.3. Exigencia básica SI 3: Evacuación

El edificio dispondrá de los medios de evacuación adecuados para facilitar que los ocupantes puedan abandonar el *edificio* o alcanzar un lugar seguro dentro del mismo en condiciones de seguridad.

11.4. Exigencia básica SI 4: Instalaciones de protección contra incendios

El edificio dispondrá de los equipos e instalaciones adecuados para hacer posible la detección, el control y la extinción del incendio, así como la transmisión de la alarma a los ocupantes.

11.5. Exigencia básica SI 5: Intervención de bomberos

Se facilitará la intervención de los equipos de rescate y de extinción de incendios.

11.6. Exigencia básica SI 6: Resistencia al fuego de la estructura

La estructura portante mantendrá su *resistencia al fuego* durante el tiempo necesario para que puedan cumplirse las anteriores exigencias básicas.

II Ámbito de aplicación

El ámbito de aplicación de este DB es el que se establece con carácter general para el conjunto del CTE en su artículo 2 (Parte I) excepto en el caso de los edificios, establecimientos y zonas de uso industrial a

los que les sea de aplicación el "Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales".⁽¹⁾

El contenido de este DB se refiere únicamente a las exigencias básicas relacionadas con el requisito básico "Seguridad en caso de incendio". También deben cumplirse las exigencias básicas de los demás requisitos básicos, lo que se posibilita mediante la aplicación del DB correspondiente a cada uno de ellos.⁽²⁾

Este CTE no incluye exigencias dirigidas a limitar el riesgo de inicio de incendio relacionado con las instalaciones o los almacenamientos regulados por reglamentación específica, debido a que corresponde a dicha reglamentación (la cual se relaciona en el Anejo SI B de este DB) establecer dichas exigencias.

III Criterios generales de aplicación

Pueden utilizarse otras soluciones diferentes a las contenidas en este DB, en cuyo caso deberá seguirse el procedimiento establecido en el artículo 5 del CTE y deberá documentarse en el proyecto el cumplimiento de las exigencias básicas.

Las citas a disposiciones reglamentarias contenidas en este DB se refieren a sus versiones vigentes en cada momento en que se aplique el Código. Las citas a normas UNE, UNE EN o UNE EN ISO se deben relacionar con la versión que se indica en cada caso, aún cuando exista una versión posterior, excepto cuando se trate de normas equivalentes a normas EN cuya referencia haya sido publicada en el Diario Oficial de la Comunidad Europea, en el marco de la aplicación de la Directiva 89/106/CEE sobre productos de construcción, en cuyo caso la cita se deberá relacionar con la versión de dicha referencia.

A efectos de este DB deben tenerse en cuenta los siguientes criterios de aplicación:

- 1 En aquellas zonas destinadas específicamente a albergar personas bajo régimen de privación de libertad o con limitaciones psíquicas no se deben aplicar las condiciones de este documento que sean incompatibles con dichas circunstancias. En su lugar, deberán aplicarse otras condiciones alternativas que justifiquen su validez técnica en relación con la adecuada protección frente al riesgo de incendio, siempre que se cumplan las exigencias de este requisito básico.
- 2 Los edificios o zonas cuyo uso no se encuentre entre los definidos en el Anejo SI A de este DB deberán cumplir, salvo indicación en otro sentido, las condiciones particulares del uso al que mejor puedan asimilarse en función de los criterios expuestos en el artículo 4 de este CTE.
- 3 A los edificios o zonas de los mismos cuya ocupación predominante precise ayuda para evacuar el edificio (residencias de ancianos, discapacitados, guarderías, centros de educación especial, etc.) se les debe aplicar las condiciones específicas del uso hospitalario.
A los edificios o zonas de uso sanitario o asistencial de carácter ambulatorio se les debe aplicar las condiciones particulares del uso administrativo
- 4 Cuando un cambio de uso afecte únicamente a parte de un edificio o de un establecimiento, este DB se debe aplicar a dicha parte, así como a los medios de evacuación que la sirvan, estén o no situados en ella. Como excepción a lo anterior, cuando en edificios de vivienda existentes se trate de transformar en uso vivienda zonas destinadas a cualquier otro uso, no es preciso aplicar este DB a los elementos comunes de evacuación del edificio.
- 5 En las obras de reforma en las que se mantenga el uso, este DB debe aplicarse a los elementos del edificio modificados por la reforma, siempre que ello suponga una mayor adecuación a las condiciones de seguridad establecidas en este documento.

Si la reforma altera la ocupación o su distribución con respecto a los elementos de evacuación, la aplicación de este DB debe alcanzar también a éstos. Si la reforma afecta a elementos constructivos

⁽¹⁾ A tales efectos debe tenerse en cuenta que también se consideran zonas de uso industrial:

a) Los almacenamientos integrados en establecimientos de cualquier uso (no necesariamente industrial) cuando la carga de fuego total, ponderada y corregida de dichos almacenamientos, calculada según el Apéndice 1 de dicho Reglamento, exceda de 3×10^6 megajulios (MJ).

b) Los talleres de reparación y los garajes o aparcamientos de vehículos destinados al transporte de personas o de mercancías.

⁽²⁾ En particular, debe tenerse en cuenta que en este Código Técnico las exigencias relacionadas con la seguridad de las personas al desplazarse por el edificio (tanto en circunstancias normales como en situaciones de emergencia, y dentro de estas, en las ocasionadas por un incendio) se vinculan al requisito básico "Seguridad de utilización". Por ello, las soluciones aplicables a los elementos de circulación (pasillos, escaleras, rampas, etc.) así como a la iluminación normal y al alumbrado de emergencia figuran en el DB SU.

que deban servir de soporte a las instalaciones de protección contra incendios, o a zonas por las que discurren sus componentes, dichas instalaciones deben adecuarse a lo establecido en este DB. En todo caso, las obras de reforma no podrán menoscabar las condiciones de seguridad preexistentes, cuando éstas sean menos estrictas que las aplicables conforme a este DB.

IV Terminología

A efectos de aplicación de este DB, los términos que figuran en letra cursiva deben utilizarse conforme al significado y a las condiciones que se establecen para cada uno de ellos, o bien en el anejo SI A de este DB, cuando se trate de términos relacionados únicamente con el requisito básico "Seguridad en caso de incendio", o bien en el Anejo III de la Parte I de este CTE, cuando sean términos de uso común en el conjunto del Código.

V Expresión de las condiciones de comportamiento ante el fuego

Este DB establece cada condición de *reacción al fuego* o de *resistencia al fuego* aplicable a los elementos constructivos, de dos formas diferentes:

- a) Según las nuevas clasificaciones europeas establecidas mediante el Real Decreto xxxx/2003, de xx de xxxxx, figurando la clase correspondiente primer lugar y en letra normal.
- b) Según los anteriores sistemas nacionales de clasificación, figurando la clase correspondiente en segundo lugar, entre paréntesis y con letra cursiva.

Hasta que este DB sea revisado y la opción b) anterior sea suprimida, la justificación de que un elemento constructivo cumple las condiciones que le sean aplicables puede basarse, o bien en una de dichas clasificaciones, o bien en ambas.

Cuando dicha justificación afecte a un producto de construcción, la justificación de que este cumple las condiciones que le sean aplicables para esa utilización podrá basarse en ambas clasificaciones, o bien exclusivamente en la indicada en el apartado a) según lo establecido en el citado Real Decreto xxxx/2003⁽¹⁾

Las clases se determinarán conforme a las normas que se indican en el apartado siguiente.

VI Normas UNE aplicables de ensayo y clasificación según las características de *reacción* y *resistencia al fuego*

Las normas UNE aplicables, conforme a este Código Técnico, para el ensayo y la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos según sus características de *reacción* y de *resistencia al fuego*, son las siguientes:

A Normas de ensayo y clasificación según las características de *reacción al fuego*

A.1 Conforme a las nuevas clasificaciones europeas

⁽¹⁾ Puede basarse en ambas clasificaciones desde el momento en que para el producto en cuestión entre en vigor el mercado CE, mediante una Comunicación de la Comisión Europea y la correspondiente disposición del Ministerio de Ciencia y Tecnología. Finalizado el denominado "período de coexistencia" establecido en dicha disposición para el producto, será preceptiva la aplicación únicamente de la opción indicada en a).

| | |
|-------------------------|---|
| UNE EN 13501-1: 2003 | Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego. |
| UNE EN ISO 1182: 2002 | Ensayos de reacción al fuego para productos de construcción – Ensayo de no combustibilidad. |
| EN ISO 1716: 2002 | Ensayos de reacción al fuego de productos de construcción – Determinación del calor de combustión. |
| UNE EN 13823: 2002 | Ensayos de reacción al fuego de productos de construcción – Productos de construcción, excluyendo revestimientos de suelos, expuestos al ataque térmico provocado por un único elemento ardiendo. |
| UNE EN ISO 11925-2:2002 | Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción – Inflamabilidad de los productos de construcción cuando se someten a la acción directa de la llama. Parte 2: Ensayo con una fuente de llama única. |
| UNE EN ISO 9239-1: 2002 | Ensayos de reacción al fuego de los revestimientos de suelos – Determinación del comportamiento ante el fuego mediante una fuente de calor radiante. |
| UNE EN 13238: 2002 | Ensayos de reacción al fuego para productos de construcción – Procedimiento de acondicionamiento y reglas generales para la selección de sustratos. |
| UNE ENV 1187: 2003 | Métodos de ensayo para cubiertas expuestas a fuego exterior |

A.2 Conforme a las anteriores clasificaciones nacionales

| | |
|----------------------|---|
| UNE 23727: 1990 | Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Clasificación de los materiales utilizados en la construcción. |
| UNE 23735-2: 1994 EX | Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Procesos de envejecimiento acelerado. Parte 2: Materiales textiles utilizados al abrigo de la intemperie. |

B Normas de ensayo y clasificación según las características de *resistencia al fuego*

B.1 Conforme a las nuevas clasificaciones europeas

(La indicación xxxx en la fecha de edición indica que la norma aún no ha sido publicada):

| | |
|------------------|--|
| EN 13501-2: xxxx | Clasificación de los productos de construcción y de los elementos de los edificios según su comportamiento ante el fuego. Parte 2: Clasificación en función de datos obtenidos en ensayos de resistencia al fuego (excepto productos utilizados en sistemas de ventilación). |
| EN 13501-3: xxxx | Clasificación de los productos de construcción y de los elementos de los edificios según su comportamiento ante el fuego. Parte 3: Clasificación en función de datos obtenidos en ensayos de resistencia al fuego de componentes de las instalaciones de servicio de los edificios (excepto sistemas de control de humo). |

| | |
|---------------------|--|
| EN 13501-4: xxxx | Clasificación de los productos de construcción y de los elementos de los edificios según su comportamiento ante el fuego. Parte 4: Clasificación en función de datos obtenidos en ensayos de resistencia al fuego de sistemas de control de humo. |
| EN 13501-5: xxxx | Clasificación de los productos de construcción y de los elementos de los edificios según su comportamiento ante el fuego. Parte 5: Clasificación en función de datos obtenidos en ensayos de cubiertas ante la acción de un fuego exterior. |
| UNE EN 1363-1: 2000 | Ensayos de resistencia al fuego Parte 1: Requisitos generales. |
| UNE EN 1363-2: 2000 | Ensayos de resistencia al fuego. Parte 2: Procedimientos alternativos y adicionales. |
| UNE EN 1364-1: 2000 | Ensayos de resistencia al fuego de elementos no portantes. Parte 1: Paredes. |
| UNE EN 1364-2: 2000 | Ensayos de resistencia al fuego de elementos no portantes. Parte 2: Falsos techos. |
| EN 1364-3: xxxx | Ensayos de resistencia al fuego de elementos no portantes. Parte 3: Muros cortina de configuración completa. |
| EN 1364-4: xxxx | Ensayos de resistencia al fuego de elementos no portantes. Parte 4: Muros cortina de configuración incompleta. |
| EN 1364-5: xxxx | Ensayos de resistencia al fuego de elementos no portantes. Parte 5: Ensayo de fachadas y muros cortina ante un fuego semi natural. |
| UNE EN 1365-1: 2000 | Ensayos de resistencia al fuego de elementos portantes. Parte 1: Paredes. |
| UNE EN 1365-2: 2000 | Ensayos de resistencia al fuego de elementos portantes. Parte 2: Suelos y cubiertas. |
| UNE EN 1365-3: 2000 | Ensayos de resistencia al fuego de elementos portantes. Parte 3: Vigas. |
| UNE EN 1365-4: 2000 | Ensayos de resistencia al fuego de elementos portantes. Parte 4: Pilares. |
| EN 1365-5: xxxx | Ensayos de resistencia al fuego de elementos portantes. Parte 5: Balcones. |
| EN 1365-5: xxxx | Ensayos de resistencia al fuego de elementos portantes. Parte 6: Escaleras y pasarelas. |
| UNE EN 1366-1: 2000 | Ensayos de resistencia al fuego de instalaciones de servicio. Parte 1: Conductos. |
| UNE EN 1366-2: 2000 | Ensayos de resistencia al fuego de instalaciones de servicio. Parte 2: Compuertas cortafuegos. |
| EN 1366-3: xxxx | Ensayos de resistencia al fuego de instalaciones de servicio. Parte 3: Sellados de penetraciones. |
| EN 1366-4: xxxx | Ensayos de resistencia al fuego de instalaciones de servicio. Parte 4: Sellados de junta lineal. |

| | |
|---------------------|---|
| EN 1366-5: xxxx | Ensayos de resistencia al fuego de instalaciones de servicio. Parte 5: Conductos para servicios y patinillos. |
| EN 1366-6: xxxx | Ensayos de resistencia al fuego de instalaciones de servicio. Parte 6: Suelos elevados. |
| EN 1366-7: xxxx | Ensayos de resistencia al fuego de instalaciones de servicio. Parte 7: Cerramientos para sistemas transportadores y de cintas transportadoras. |
| EN 1366-8: xxxx | Ensayos de resistencia al fuego de instalaciones de servicio. Parte 8: Conductos para extracción de humo. |
| EN 1366-9: xxxx | Ensayos de resistencia al fuego de instalaciones de servicio. Parte 9: Conductos para extracción de humo en un único sector. |
| EN 1366-10: xxxx | Ensayos de resistencia al fuego de instalaciones de servicio. Parte 10: Compuertas para control de humos. |
| EN 1634-1: 2000 | Ensayos de resistencia al fuego de puertas y elementos de cerramiento de huecos. Parte 1: Puertas y cerramientos cortafuegos. |
| EN 81-58: xxxx | Reglas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores - Comprobaciones y ensayos Parte 58: Ensayo de resistencia al fuego de puertas de piso. |
| EN 1634-2: xxxx | Ensayos de resistencia al fuego de puertas y elementos practicables de cerramiento de huecos. Parte 2: Herrajes para puertas cortafuegos. |
| UNE EN 1634-3: 2001 | Ensayos de resistencia al fuego de puertas y elementos practicables de cerramiento de huecos. Parte 3: Puertas y cerramientos para control del humo. |
| ENV 13381-1: xxxx | Contribución a la resistencia al fuego de elementos estructurales. Parte 1: Membranas horizontales de protección. |
| ENV 13381-2: 2002 | Contribución a la resistencia al fuego de elementos estructurales. Parte 2: Membranas verticales de protección. |
| ENV 13381-3: 2002 | Contribución a la resistencia al fuego de elementos estructurales. Parte 3: Protecciones aplicadas a elementos de hormigón. |
| ENV 13381-4: 2002 | Contribución a la resistencia al fuego de elementos estructurales. Parte 4: Protecciones aplicadas a elementos de acero. |
| ENV 13381-5: 2002 | Contribución a la resistencia al fuego de elementos estructurales. Parte 5: Protecciones aplicadas a elementos compuestos de hormigón y lámina perfilada de acero. |
| ENV 13381-6: 2002 | Contribución a la resistencia al fuego de elementos estructurales. Parte 6: Protecciones aplicadas a soportes de acero rellenos de hormigón. |
| ENV 13381-7: 2003 | Contribución a la resistencia al fuego de elementos estructurales. Parte 7: Protecciones aplicadas a elementos de madera. |
| EN 14135: xxxx | Revestimientos. Determinación de la capacidad de protección contra el fuego. |

B.2 Conforme a la anterior clasificación nacional

Se aplicarán las normas de ensayo del apartado B.1 anterior y la clasificación se realizará conforme a los criterios establecidos en la norma:

UNE 23093: 1981 1R Ensayo de resistencia al fuego de las estructuras y elementos de construcción.

VII Documentos Guía

Los siguientes documentos de la Comisión Europea constituyen guías útiles para la aplicación de la Directiva de Productos de Construcción en relación con este DB:

- Documento Guía G - El sistema europeo de clasificación de las características de reacción al fuego de los productos de construcción.
- Documento Guía J - Disposiciones transitorias en relación con la Directiva de Productos de Construcción.

(<http://europa.eu.int/comm/enterprise/construction/internal/guidpap/j.htm>)

Índice

Sección SI 1 Propagación interior

- 1 **Compartimentación en sectores de incendio**
- 2 **Locales y zonas de riesgo especial**
- 3 **Espacios ocultos. Paso de instalaciones a través de elementos de compartimentación de incendios**
- 4 **Reacción al fuego de los elementos constructivos**

Sección SI 2 Propagación exterior

- 1 **Medianerías y fachadas**
- 2 **Cubiertas**

Sección SI 3 Evacuación

- 1 **Compatibilidad de los elementos de evacuación**
- 2 **Cálculo de la ocupación**
- 3 **Número de salidas y longitud de los recorridos de evacuación**
- 4 **Dimensionado de los medios de evacuación**
 - 4.1 Criterios para la asignación de los ocupantes
 - 4.2 Cálculo
- 5 **Protección de las escaleras**
- 6 **Señalización de los medios de evacuación**
- 7 **Control del humo de incendio**

Sección SI 4 Detección, control y extinción del incendio

- 1 **Dotación de instalaciones de protección contra incendios**
- 2 **Señalización de las instalaciones manuales de protección contra incendios**

Sección SI 5 Intervención de los bomberos

- 1 **Condiciones de aproximación y de entorno**
 - 1.1 Aproximación a los edificios
 - 1.2 Entorno de los edificios
- 2 **Accesibilidad por fachada**

Sección SI 6 *Resistencia al fuego* de la estructura

- 1 Generalidades**
- 2 *Resistencia al fuego* de la estructura**
- 3 Elementos estructurales principales**
- 4 Elementos estructurales secundarios**
- 5 Determinación de los efectos de las acciones durante el incendio**
- 6 Determinación de la resistencia durante el incendio**

Anejo SI A Terminología

Anejo SI B Tiempo equivalente de exposición al fuego

Anejo SI C *Resistencia al fuego* de las estructuras de hormigón armado

Anejo SI D *Resistencia al fuego* de las estructuras de acero

Anejo SI E *Resistencia al fuego* de las estructuras de madera

Anejo SI F *Resistencia al fuego* de las estructuras de fábrica

Sección SI 1

Propagación interior

1 Compartimentación en sectores de incendio

- 1 Los edificios se deben compartimentar en *sectores de incendio* según las condiciones que se establecen en la tabla 1.1 de esta sección. Las superficies máximas indicadas en dicha tabla para los *sectores de incendio* pueden duplicarse cuando estén protegidos con una instalación de rociadores automáticos de agua que no sea exigible conforme a este DB.
- 2 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 de esta sección. Como alternativa, cuando, conforme a lo establecido en la sección SI 6, se haya adoptado el *tiempo equivalente de exposición al fuego* para los elementos estructurales, podrá adoptarse ese mismo tiempo para la *resistencia al fuego* que deben aportar los elementos separadores de los *sectores de incendio*.
- 3 Los ascensores que comunican *sectores de incendio* diferentes deben disponer de un *vestíbulo de independencia* en cada uno de sus accesos.

Tabla 1.1 Condiciones de compartimentación en sectores de incendio

| Uso del edificio o establecimiento | Condiciones |
|------------------------------------|---|
| En general | <ul style="list-style-type: none"> - Todo <i>establecimiento</i> contenido en un edificio y cuyo uso sea distinto del de éste debe constituir un <i>sector de incendio</i>. - Toda zona integrada en un edificio o en un <i>establecimiento</i> de otro uso y que esté destinada a uso vivienda, cualquiera que sea su superficie, o bien a alojamiento y cuya superficie construida exceda de 400 m², debe constituir un <i>sector de incendio</i>⁽¹⁾ - Un espacio diáfano puede constituir un único <i>sector de incendio</i>, cualquiera que sea su superficie construida, siempre que al menos el 90% de ésta se desarrolle en una planta, sus salidas comuniquen directamente con el espacio libre exterior, al menos el 75% de su perímetro sea fachada y no exista sobre dicho recinto ninguna zona habitable. - No se establece límite de superficie para los <i>sectores de riesgo mínimo</i>. |
| Vivienda | <ul style="list-style-type: none"> - La superficie construida de todo <i>sector de incendio</i> no debe exceder de 2.500 m². - Los elementos que separan viviendas entre sí, o a éstas de las zonas comunes del edificio deben ser al menos EI 60 (RF-60). - Los <i>establecimientos</i> de uso docente, administrativo o residencial cuya superficie construida exceda de 500 m² o los de cualquier otro uso, cualquiera que sea su superficie, deben constituir <i>sector de incendio</i>. |
| Administrativo | <ul style="list-style-type: none"> - La superficie construida de todo <i>sector de incendio</i> no debe exceder de 2.500 m². |
| Comercial ⁽²⁾ | <ul style="list-style-type: none"> - Excepto en los casos contemplados en los guiones siguientes, la superficie construida de todo <i>sector de incendio</i> no debe exceder de: <ul style="list-style-type: none"> i) 2.500 m², en general ii) 10.000 m² en los <i>establecimientos</i> o centros comerciales que ocupan en su totalidad un edificio íntegramente protegido con una instalación de rociadores auto- |

| | |
|----------------------|---|
| | <p>máticos de agua y cuya <i>altura de evacuación</i> no excede de 10 m.³</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las zonas destinadas al público pueden constituir un único <i>sector de incendio</i> en <i>establecimientos</i> o centros comerciales que ocupen en su totalidad un edificio exento íntegramente protegido con una instalación de rociadores automáticos de agua y dispongan en cada planta de <i>salidas de edificio</i> aptas para toda la ocupación de las mismas.⁽³⁾ - Cada <i>establecimiento</i> de uso pública concurrencia destinado a: <ul style="list-style-type: none"> i) cine, teatro, discoteca, sala de baile, o bien restaurante o café en el que se prevea la existencia de espectáculos, cualquiera que sea su superficie, ii) otro tipo de actividad cuya superficie construida exceda de 500 m², debe constituir al menos un <i>sector de incendio</i> diferenciado, incluido el posible vestíbulo común a diferentes salas.⁽⁴⁾ |
| Residencial Público | <ul style="list-style-type: none"> - La <i>superficie</i> construida de cada <i>sector de incendio</i> no debe exceder de 2.500 m². - Las zonas de uso pública concurrencia cuya ocupación prevista exceda de 500 personas deben constituir <i>sector de incendio</i>.⁽⁴⁾ - Toda habitación para alojamiento debe tener paredes EI 60 (RF-60) y, en establecimientos cuya superficie construida exceda de 400 m², puertas de acceso EI₂ 30-C (RF-30). |
| Docente | <ul style="list-style-type: none"> - Si el edificio tiene más de una planta, la superficie construida de cada <i>sector de incendio</i> no debe exceder de 4.000 m². Cuando tenga una única planta, no es preciso que esté compartimentada en <i>sectores de incendio</i>. |
| Hospitalario | <ul style="list-style-type: none"> - La superficie construida de cada <i>sector de incendio</i> no debe exceder de 2.500 m², excepto en los casos contemplados en los guiones siguientes. - Las plantas en las que existan zonas de hospitalización o unidades especiales (quirófanos, UVI, etc.) deben estar compartimentadas al menos en dos <i>sectores de incendio</i>, cada uno de ellos con una superficie construida que no exceda de 1.500 m² y con espacio suficiente para albergar a los pacientes de uno de los sectores contiguos. - La zona destinada a ambulatorio debe constituir <i>sector de incendio</i> diferenciado, aunque su superficie construida puede exceder de 2.500 m². - Las zonas de uso docente o administrativo cuyas superficies construidas excedan de 2.000 m² deben constituir <i>sector de incendio</i> diferenciado. |
| Pública Concurrencia | <ul style="list-style-type: none"> - La superficie construida de cada <i>sector de incendio</i> no debe exceder de 2.500 m², excepto en los casos contemplados en los dos guiones siguientes. - Los espacios destinados a público sentado en asientos fijos, tales como cines, teatros, auditorios, salas para congresos, etc., así como los museos y los recintos polideportivos, feriales y similares pueden constituir un <i>sector de incendio</i> de superficie construida mayor de 2.500 m² siempre que: <ul style="list-style-type: none"> a) estén compartimentados respecto de otras zonas mediante elementos EI-120 (RF-120) b) tengan resuelta la evacuación mediante <i>salidas de planta</i> que comuniquen, bien con un <i>sector de riesgo mínimo</i> a través de <i>vestíbulos de independencia</i>, o bien con un <i>espacio exterior seguro</i>, c) los materiales de revestimiento sean B-s1,d0 (M1) en paredes y techos y B_{FL}-s1 (M2) en suelos, d) la <i>densidad de la carga de fuego</i> debida a los materiales de revestimiento y al mobiliario fijo no exceda de 200 MJ/m², e) no exista sobre dichos espacios ninguna zona habitable, - Las <i>cajas escénicas</i> deben constituir un <i>sector de incendio</i> independiente. |
| Garaje | <p>Debe constituir un <i>sector de incendio</i> diferenciado si está integrado en un edificio con zonas de otros usos. Cualquier comunicación con dichas zonas se debe hacer a través de <i>vestíbulos de independencia</i>.</p> |

⁽¹⁾ Por ejemplo, las zonas de dormitorios en establecimientos docentes o, en hospitales, para personal médico, enfermeras, etc.

⁽²⁾ Se recuerda que las zonas de uso industrial o de almacenamiento a las que se refiere el ámbito de aplicación del apartado Generalidades de este DB deben constituir uno o varios *sectores de incendio* diferenciados de las zonas de uso comercial, en las condiciones que establece la reglamentación específica aplicable al uso industrial.

- (3) Los elementos que separan entre sí diferentes establecimientos deben ser EI 60 (RF-60). Esta condición no es aplicable a los elementos que separan a los establecimientos de las zonas comunes de circulación del centro.
- (4) Dichos establecimientos deberán cumplir además las condiciones de compartimentación que se establecen para el uso pública concurrencia.

Tabla 1.2 Resistencia al fuego de las paredes y techos que delimitan los sectores de incendio ⁽¹⁾

| Elemento | Sector bajo rasante | Resistencia al fuego | | |
|---|--|--|------------------|------------------|
| | | Sector sobre rasante en edificio con altura de evacuación: | | |
| | | h ≤ 15 m | 15 < h ≤ 28 m | h > 28 m |
| Paredes que separan al sector considerado de otros, siendo su uso: ⁽²⁾ | | | | |
| - sector de riesgo mínimo en edificio de cualquier uso | (no se admite) | EI 120 (RF- 120) | EI 120 (RF- 120) | EI 120 (RF- 120) |
| - vivienda, residencial público, docente, administrativo | EI 120 (RF- 120) | EI 60 (RF-60) | EI 90 (RF-90) | EI 120 (RF-120) |
| - comercial, pública concurrencia, hospitalario | EI 120 (RF-120) ₃ | EI 90 (RF-90) | EI 120 (RF-120) | EI 180 (RF-180) |
| - garaje ⁽⁴⁾ | EI 120 (RF-120) | EI 120 (RF-120) | EI 120 (RF-120) | EI 120 (RF-120) |
| Puertas de paso entre sectores de incendio | EI ₂ C t (RF-t) siendo t la mitad de la resistencia al fuego requerida 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 | | | |

- (1) 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 puede precisar una resistencia al fuego diferente al considerar la acción del fuego por la cara opuesta, según cual sea la función del elemento por dicha cara: compartimentar una zona de riesgo especial, una escalera protegida, etc.
- (2) Al techo del sector que le separa de una planta superior se le aplicará el mismo valor numérico que se indica pero sustituyendo la característica EI por REI, dado que se trata de un elemento portante. Si se trata de una cubierta no precisa tener una función de compartimentación de incendios, por lo que sólo debe aportar la resistencia al fuego que le corresponda como elemento estructural, conforme a lo que se establece en la sección SI 6 de este DB.
- (3) EI 180 (RF-180) si la altura de evacuación del edificio es mayor que 28 m.
- (4) Valores aplicables a las paredes y techos que separan al garaje de zonas de otro uso.

2 Locales y zonas de riesgo especial

- Los locales y zonas de riesgo especial se clasifican conforme a tres grados de riesgo (alto, medio y bajo) según los criterios que se establecen en la tabla 2.1 de esta sección. Los locales así clasificados deben cumplir las condiciones que se establecen en la tabla 2.2 de esta sección.
- Los locales destinados a albergar instalaciones y equipos regulados por reglamentos específicos, tales como transformadores, maquinaria de aparatos elevadores, calderas, depósitos de combustible líquido, contadores de gas, etc., se rigen por las condiciones que se establecen en dichos reglamentos.

Tabla 2.1 Clasificación de los locales y zonas de riesgo especial

| Uso del edificio o establecimiento | Tamaño del local o zona | | |
|---|---|--------------------------|----------------------|
| | Riesgo bajo | Riesgo medio | Riesgo alto |
| - Uso del local o zona | S = superficie construida V = volumen construido | | |
| En cualquier edificio o establecimiento: | | | |
| - Talleres de mantenimiento, almacenes de elementos combustibles (p. ej.: mobiliario, lencería, limpieza, etc.) archivos de documentos, depósitos de libros, etc. | 100<V<200 m ³ | 200<V<400 m ³ | V>400 m ³ |
| - Almacén de residuos | 5<S<15 m ² | 15<S<30 m ² | S>30 m ² |
| - Aparcamiento de vehículos de hasta 100 m ² | En todo caso | | |
| - Cocinas, según potencia total instalada P ⁽¹⁾⁽²⁾ | 10< P<20 kW | 20< P<50 kW | P>50 kW |
| - Lavandería de ropa. Vestuarios de personal. Camerinos | 20<S<100 m ² | 100<S<200 m ² | S>200 m ² |

| | | | |
|--|---|---|--|
| Vivienda | | | |
| - Trasteros | 50<S<100 m ² | 100<S<500 m ² | S>500 m ² |
| Hospitalario | | | |
| - Almacenes de productos farmacéuticos y clínicos | 100<V<200 m ³ | 200<V<400 m ³ | V>400 m ³ |
| - Esterilización y almacenes anejos | | | En todo caso |
| - Laboratorios clínicos | V<350 m ³ | 350<V<500 m ³ | V>500 m ³ |
| Administrativo | | | |
| - Imprenta, reprografía y locales anejos, tales como almacenes de papel o de publicaciones, encuadernado, etc. | 100<V<200 m ³ | 200<V<500 m ³ | V>500 m ³ |
| Residencial | | | |
| - Roperos y locales para la custodia de equipajes | S<20 m ² | 20<S<100 m ² | S>100 m ² |
| Comercial | | | |
| - Almacenes en los que la densidad de carga de fuego ponderada y corregida (Q _s) aportada por los productos almacenados sea ⁽³⁾ | 425<Q _s <850 MJ/m ² | 850<Q _s <3.400 MJ/m ² | Q _s >3.400 MJ/m ² |
| y la superficie construida sea: | | | |
| - en recintos no situados por debajo de la planta de salida del edificio | | | |
| con rociadores automáticos | S< 2.000 m ² | S<600 m ² | S<25 m ² y altura de evacuación <15 m |
| sin rociadores automáticos | S<1.000 m ² | S<300 m ² | no se admite |
| - en recintos situados por debajo de la planta de salida del edificio | | | |
| con rociadores automáticos | <800 m ² | no se admite | no se admite |
| sin rociadores automáticos | <400 m ² | no se admite | no se admite |
| Pública concurrencia | | | |
| - Taller o almacén de decorados, de vestuario, etc. | | 100<V<200 m ³ | V>200 m ³ |

(1) En usos distintos de hospitalario y residencial se excluyen las cocinas protegidas con un sistema automático de extinción. Conforme al capítulo 1 de la sección SI4 de este DB, dicho sistema debe existir en toda cocina (incluso en los usos citados) cuya potencia total instalada exceda de 20 kW.

(2) Los sistemas de extracción de los humos generados en las cocinas deben cumplir además las siguientes condiciones especiales:

- Las campanas deben estar separadas al menos 50 cm de cualquier material que no sea A1,-s1,d0 (M0).

- Los conductos deben ser independientes de toda otra extracción o ventilación y exclusivos para cada cocina. Deben disponer de registros para inspección y limpieza en los cambios de dirección con ángulos mayores que 30° y cada 3 m como máximo de tramo horizontal. Los conductos que discurran por el interior del edificio, así como los que discurran por fachadas a menos de 1,50 m de distancia de zonas de la misma que no sean al menos EI 30 (PF-30) o de balcones, terrazas o huecos practicables, serán conformes con la norma prEN 12101-7 y tendrán una clasificación EI 30 conforme a la norma prEN 13501-4

No deben existir puertas cortafuego en el interior de este tipo de conductos, por lo que su paso a través de elementos de compartimentación de *sectores de incendio* se debe resolver de la forma que se indica en el apartado 3 de esta sección.

- Los filtros deben estar separados de los focos de calor más de 1,20 m si son tipo parrilla o de gas, y más de 0,50 m si son de otros tipos. Deben ser fácilmente accesibles y desmontables para su limpieza, tener una inclinación mayor que 45° y poseer una bandeja de recogida de grasas que conduzca éstas hasta un recipiente cerrado cuya capacidad debe ser menor que 3 l.

- Los ventiladores tendrán una clasificación F₄₀₀₋₉₀.

(3) La determinación de Q_s puede hacerse conforme a lo establecido en el "Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales". Se recuerda que, conforme al ámbito de aplicación de este DB, los almacenes cuya carga de fuego total exceda de 3 x 10⁶ MJ se regulan por dicho Reglamento, aunque pertenezcan a un establecimiento de uso Comercial.

Tabla 2.2 Condiciones de las zonas de riesgo especial

| Característica | Riesgo bajo | Riesgo medio | Riesgo alto |
|--|------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Resistencia al fuego de la estructura portante ⁽¹⁾ | R 90 (EF-90) | R 120 (EF-120) | R 180 (EF-180) |
| Resistencia al fuego de las paredes que delimitan la zona ⁽²⁾⁽³⁾ | EI 90 (RF-90) | EI 120 (RF-120) | EI 180 (RF-180) |
| Vestíbulo de independencia en cada comunicación de la zona con el resto del edificio | - | Sí | Sí |
| Puertas de acceso ⁽⁴⁾ | EI ₂ 45-C (RF-45) | 2 x EI ₂ 30-C (RF-30) | 2 x EI ₂ 30-C (RF-30) |
| Máximo recorrido de evacuación hasta alguna salida del local ⁽⁵⁾ | ≤ 25 m ⁽⁶⁾ | ≤ 25 m ⁽⁶⁾ | ≤ 25 m ⁽⁶⁾ |
| Reacción al fuego de los materiales ⁽⁷⁾ | | | |
| - en paredes y techos | B s1 d0 (M1) | B s1 d0 (M1) | B s1 d0 (M1) |
| - en suelos | C _{FL} s1 (M2) | B _{FL} s1 (M1) | B _{FL} s1 (M1) |

⁽¹⁾ Como alternativa, el tiempo requerido puede ser el *tiempo equivalente de exposición al fuego*, determinado conforme a lo establecido en el apartado 2 del Anejo SI C.

En ningún caso debe ser inferior a la establecida para la estructura portante del conjunto del edificio, de acuerdo con el apartado SI 6. Puede ser R 30 (EF-30) si la zona se encuentra 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.

⁽²⁾ 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 de la sección SI 6 de este DB.

⁽³⁾ Cuando el techo del recinto separe de una planta superior debe tener al menos la misma *resistencia al fuego* que se exige a las paredes que delimitan el recinto, pero con la característica REI (RF) en lugar de EI (RF), ya que se trata de un elemento portante y compartimentador de incendios.

En cambio, cuando el techo del recinto 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 sólo debe aportar la *resistencia al fuego* R (EF) que le corresponda como elemento estructural.

⁽⁴⁾ Las puertas de los *vestíbulos de independencia* deben abrir hacia el interior del vestíbulo.

⁽⁵⁾ El *recorrido de evacuación* interior a la zona de riesgo especial debe ser tenido en cuenta en el cómputo de los recorridos de evacuación hasta las *salidas de planta*.

⁽⁶⁾ Podrá ser 35 m cuando la zona esté protegida con una instalación de rociadores automáticos.

⁽⁷⁾ Esta condición se regula con más detalle en el capítulo 3 de esta sección.

3 Espacios ocultos. Paso de instalaciones a través de elementos de compartimentación de incendios

- La compartimentación contra incendios de los espacios ocupables debe tener continuidad en los espacios ocultos, tales como patinillos, cámaras, falsos techos, suelos elevados, etc., salvo cuando éstos estén compartimentados respecto de los primeros al menos con la misma *resistencia al fuego*, pudiendo reducirse ésta a la mitad en los registros para mantenimiento.
- Independientemente de lo anterior, los espacios ocultos no estancos (ventilados) deben estar compartimentados mediante elementos EI 30 (RF-30) en zonas cuyo desarrollo horizontal o vertical no tenga una superficie mayor que 250 m².
- La *resistencia al fuego* requerida a los elementos de compartimentación de incendios se debe mantener en los puntos en los que dichos elementos son atravesados por elementos de instalaciones tales como cables, tuberías, conducciones, conductos de ventilación, etc. Para ello puede optarse por:
 - Disponer un elemento que, en caso de incendio, obture automáticamente la sección de paso y garantice en dicho punto una resistencia al menos igual a la del elemento atravesado, por ejemplo, una compuerta cortafuegos automática E t (i↔o) (PF-t) siendo t el tiempo de *resistencia al fuego* requerida al elemento de compartimentación atravesado, o un dispositivo intumescente de obturación.
 - Elementos pasantes que aporten una resistencia al menos igual a la del elemento atravesado, por ejemplo, conductos de ventilación E t (i↔o) (PF-t) siendo t el tiempo de *resistencia al fuego* requerida al elemento de compartimentación atravesado.

4 Reacción al fuego de los elementos constructivos

- Los elementos constructivos deben cumplir las condiciones de *reacción al fuego* que se establecen en las tablas 4.1 y 4.2.
- La tabla 4.2 de esta sección para los elementos fijos de mobiliario y de decoración definidos en el proyecto y que por tanto tengan la consideración de elementos constructivos, expresa las clases de *reacción al fuego* conforme a la norma UNE 23727:1990.

Tabla 4.1 Clases de reacción al fuego de los elementos constructivos

| Situación del elemento | Revestimientos ⁽¹⁾ | |
|--|--|---|
| | De techos y paredes ^{(2) (3)} | De suelos |
| Zonas ocupables ⁽⁴⁾ | | |
| con instalación de rociadores | D-s3,d2 (M3) | F (Cualquiera) |
| sin instalación de rociadores | C-s3,d1 (M2) | D _{FL} -s3 (M3) |
| <i>Pasillos y escaleras protegidos</i> | | |
| | B-s1,d0 (M1) | C _{FL} -s1 (M2) |
| Recintos de riesgo especial ⁽⁵⁾ | | |
| Alto | | B _{FL} -s1 (M1) |
| Medio | B-s1,d0 (M1) | |
| Bajo | | C _{FL} -s2 (M2) |
| Espacios ocultos no estancos: cámaras, patinillos, falsos techos, suelos elevados, etc. ⁽⁶⁾ | | |
| | C-s3,d2 (M1) | C _{FL} -s3 (M1) ⁽⁷⁾ |

⁽¹⁾ Siempre que superen el 5% de las superficies totales del conjunto de las paredes, del conjunto de los techos o del conjunto de los suelos del recinto considerado.

⁽²⁾ Incluye las tuberías y conductos que transcurren por las zonas que se indican.

⁽³⁾ Incluye a 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 (RF-30) como mínimo.

⁽⁴⁾ Incluye, tanto las de permanencia de personas, como las de circulación que no sean protegidas. Excluye el interior de viviendas. En uso Hospitalario se aplicarán las mismas condiciones que en *pasillos y escaleras protegidos*.

⁽⁵⁾ Véase el capítulo 2 de esta sección.

⁽⁶⁾ Los productos de construcción cuya clasificación conforme a la norma UNE 23727:1990 sea válida para estas aplicaciones podrán seguir siendo utilizados después de finalizado su periodo de coexistencia con las Euroclases, hasta que se establezca una nueva regulación de la *reacción al fuego* para dichas aplicaciones basada en sus escenarios de riesgo específicos.

Para poder acogerse a esta posibilidad, los productos deberán acreditar su clase de *reacción al fuego* conforme a la norma UNE 23727: 1990 mediante un sistema evaluación de la conformidad equivalente al correspondiente al del mercado CE que les sea aplicable.

⁽⁷⁾ Se refiere a la parte inferior de la cavidad. Por ejemplo, en falsos techos se refiere al material situado en la cara superior de la membrana. En espacios con clara configuración vertical (p. ej. patinillos) esta condición no es aplicable.

Tabla 4.2 Clases de reacción al fuego de los elementos de mobiliario fijo y de decoración

| Situación del elemento | Butacas y asientos fijos | | Telones de escenarios |
|--|---|---------------------|-----------------------|
| | Tapizados | | |
| | Material de revestimiento | Material de relleno | |
| En recintos no protegidos con un sistema automático de extinción | Pasa ensayo según norma UNE EN 1021-2:1994 ⁽¹⁾ | | M2 |
| | M1 | M3 | |
| En recintos protegidos con un sistema automático de extinción | Pasa ensayo según norma UNE EN 1021-1:1994 ⁽²⁾ | | M3 |
| | M2 | M4 | |

⁽¹⁾ Acción equivalente a una cerilla.

⁽²⁾ Acción equivalente a un cigarrillo.

Sección SI 2

Propagación exterior

1 Medianerías y fachadas

- 1 Las medianerías o muros colindantes con otro edificio deben ser al menos EI 120 (RF-120).
- 2 Con el fin de limitar el riesgo de propagación exterior horizontal del incendio a través de las fachadas de dos edificios, de dos *sectores de incendio* de un mismo edificio o de una zona de riesgo especial alto de un edificio y de otras zonas del mismo, los puntos de ambas fachadas que no sean al menos EI-60 (RF-60) deben estar separados la distancia d que se indica a continuación, como mínimo, en función del ángulo α formado por los planos exteriores de dichas fachadas (véase figura 1.1). Para valores intermedios del ángulo α , la distancia d puede obtenerse por interpolación.

| α | 0° ⁽¹⁾ | 45° | 60° | 90° | 135° | 180° |
|----------|-------------------|------|------|------|------|------|
| d (m) | 3,00 | 2,75 | 2,50 | 2,00 | 1,25 | 0,50 |

⁽¹⁾ Fachadas paralelas enfrentadas

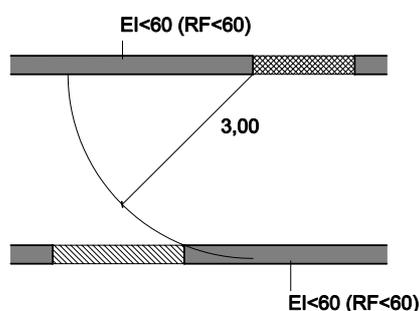


Figura 1.1. Fachadas enfrentadas

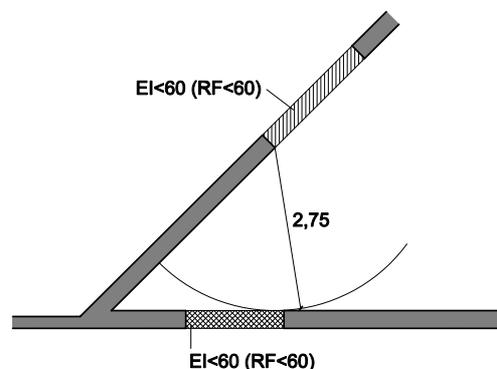


Figura 1.2. Fachadas a 45°

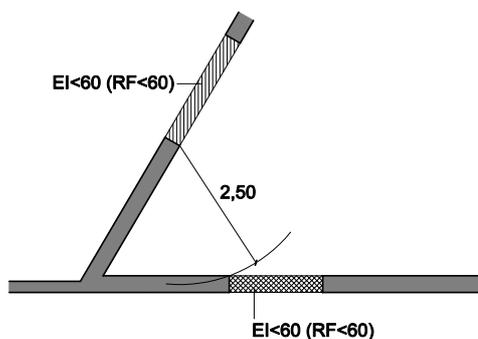


Figura 1.3. Fachadas a 60°

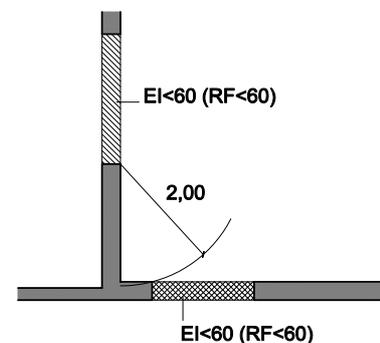


Figura 1.4. Fachadas a 90°

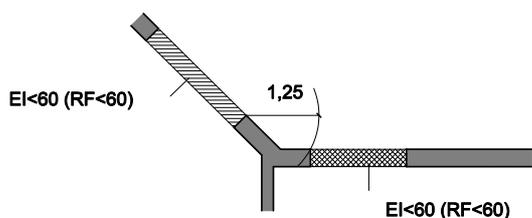


Figura 1.5. Fachadas a 135°

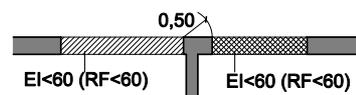


Figura 1.6. Fachadas a 180°

- 3 Con el fin de limitar el riesgo de propagación vertical del incendio por fachada entre dos *sectores de incendio* o entre una zona de riesgo especial alto y otras zonas del edificio, dicha fachada debe ser al menos EI 60 (RF-60) en una franja de 1 m de altura, como mínimo, medida sobre el plano de la fachada (véase figura 1.6). En caso de existir elementos salientes aptos para impedir el paso de las llamas, la altura de dicha franja podrá reducirse en la dimensión del citado saliente, según se indica en la figura 1.7.

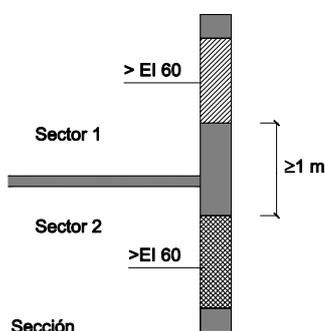


Figura 1.6. Encuentro forjado-fachada

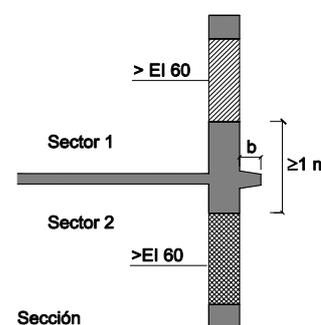


Figura 1.7. Encuentro forjado-fachada con saliente

- 4 Los materiales que ocupen más del 10% del revestimiento o acabado superficial de las fachadas, incluida la cara inferior de los voladizos cuyo saliente exceda de 1 m, deben tener una clasificación C s3 d2 (M2). Dicha condición es extensiva a los materiales que constituyan una capa interior del elemento fachada y no estén protegidos por una capa o elemento que sea al menos EI 30 (RF (30)
- 5 Se exceptúan de la anterior condición los edificios de viviendas unifamiliar y aquellos cuya altura de evacuación no exceda de 9 m.

2 Cubiertas

- 1 Cuando una medianería o un elemento compartimentador de *sectores de incendio* o de locales de riesgo especial alto de los definidos en el capítulo 2 de la sección 1 de este DB acomete a una cubierta, la *resistencia al fuego* de ésta debe ser al menos EI 60 (RF-60) en una franja de 0,50 m de anchura, en el edificio considerado, o bien en el *sector de incendio* o en el local de riesgo especial alto al que pertenece la cubierta. No obstante, si la medianería o el elemento compartimentador se prolonga por encima del acabado de la cubierta 0,60 m o más, no es necesario que la cubierta cumpla la condición anterior.
- 2 Cuando exista una altura menor que 5 m entre un hueco o lucernario de cubierta y una ventana o hueco en fachada que abra sobre él y que pertenezca a otro *sector de incendio* o a otro edificio, la distancia entre ambos en proyección horizontal debe ser 2,50 m como mínimo.
- 3 Los materiales que ocupen más del 10% del revestimiento o acabado exterior de las cubiertas, incluida la cara superior de los voladizos cuyo saliente exceda de 1 m, así como los lucernarios, claraboyas, ventiladores y cualquier otro elemento de iluminación o ventilación, deben pertenecer a la clase de *reacción al fuego* B_{ROOF} (B) (M3).

Sección SI 3 Evacuación

1 Compatibilidad de los elementos de evacuación

- 1 Los establecimientos de uso comercial o pública concurrencia de cualquier superficie y los de uso docente, residencial o administrativo cuya superficie construida sea mayor que 1.500 m², si están integrados en un edificio cuyo uso principal sea distinto del suyo, deben cumplir las siguientes condiciones:
 - a) sus salidas de uso habitual y los recorridos hasta el *espacio exterior seguro* estarán situados en elementos independientes de las zonas comunes del edificio y compartimentados respecto de éste de igual forma que deba estarlo el establecimiento en cuestión, según lo establecido en el capítulo 1 de la sección 1 de este DB. No obstante, dichos elementos podrán servir como *salida de emergencia* de otras zonas del edificio;
 - b) sus *salidas de emergencia* podrán comunicar con un elemento común de evacuación del edificio a través de un *vestíbulo de independencia*, siempre que dicho elemento de evacuación esté dimensionado teniendo en cuenta dicha circunstancia.
- 2 Como excepción, los establecimientos de uso pública concurrencia integrados en centros comerciales y cuya superficie construida total no exceda de 500 m² podrán tener salidas de uso habitual o de emergencia a las zonas comunes de circulación del centro. Cuando su superficie sea mayor que la indicada, al menos las *salidas de emergencia* serán independientes respecto de dichas zonas comunes.

2 Cálculo de la ocupación

- 1 Para calcular la ocupación deben tomarse los valores de densidad de ocupación que se indican en la tabla 2.1 en función de la superficie útil de cada zona, salvo cuando sea previsible una ocupación mayor o bien cuando sea exigible una ocupación menor en aplicación de alguna disposición legal de obligado cumplimiento. En aquellos recintos o zonas no incluidos en la tabla se deben aplicar los valores correspondientes a los que sean más asimilables.
- 2 La simultaneidad de ocupación de las diferentes zonas de un edificio se debe establecer teniendo en cuenta el régimen de actividad y de uso previsto para el mismo.
- 3 En zonas de uso pública concurrencia en los que se puedan colocar elementos de mobiliario de forma eventual y variable, tales como salas de exposiciones o similares, la densidad de ocupación se debe aplicar como mínimo al 75 % de la superficie útil destinada al público.

Tabla 2.1. Densidades de ocupación

| Uso | Zona, tipo de actividad | Ocupación (m ² /persona) |
|--|--|--|
| Cualquiera | Zonas de ocupación ocasional y accesibles únicamente a efectos de mantenimiento: salas de máquinas, locales para material de limpieza, aseos de planta, etc. | <i>Ocupación nula</i> |
| Vivienda | Plantas de vivienda | 20 |
| Residencial | Zonas de alojamiento | 20 |
| | Salones de uso múltiple | 1 |
| | Vestíbulos generales y zonas generales de uso público en plantas de sótano, baja y entreplanta | 2 |
| Garaje Aparcamiento | Vinculado a una actividad sujeta a horarios: comercial, espectáculos, oficina, etc. | 15 |
| | En otros casos | 40 |
| Administrativo Oficinas | Plantas o zonas de oficinas | 10 |
| | Vestíbulos generales, patios de operaciones y, en general, zonas de uso público en plantas de sótano, baja y entreplanta | 2 |
| Docente | Conjunto de la planta o del edificio | 10 |
| | Locales diferentes de aulas, como laboratorios, talleres, gimnasios, salas de dibujo, etc. | 5 |
| | Aulas (excepto de escuelas infantiles) | 1,5 |
| | Aulas de escuelas infantiles y salas de lectura de bibliotecas | 2 |
| Hospitalario | Salas de espera | 2 |
| | Zonas de hospitalización | 15 |
| | Servicios ambulatorios y de diagnóstico | 10 |
| | Zonas destinadas a tratamiento a pacientes internados | 20 |
| Comercial | En <i>establecimientos</i> comerciales: | |
| | áreas de ventas en plantas de sótano, baja y entreplanta | 2 |
| | áreas de ventas en plantas diferentes de las anteriores | 3 |
| | En zonas comunes de centros comerciales: | |
| | mercados y galerías de alimentación | 2 |
| plantas de sótano, baja y entreplanta o en cualquier otra con acceso desde el espacio exterior | 3 | |
| Plantas diferentes de las anteriores | 5 | |
| Pública conurrencia | Zonas destinadas a espectadores sentados: | |
| | con asientos definidos en el proyecto; | 1pers/asiento |
| | sin asientos definidos en el proyecto. | 0,5 |
| | Zonas de espectadores de pie | 0,25 |
| | Zonas de público en discotecas | 0,5 |
| | Zonas de público de pie, en bares, cafeterías, etc | 1 |
| | Salones de uso múltiple en edificios para congresos, hoteles, etc | 1 |
| | Zonas de público en restaurantes de "comida rápida", (p. ej: hamburgueserías, pizzerías, ...) | 1,2 |
| | Zonas de público sentado en bares, cafeterías, restaurantes, etc. | 1,5 |
| | Salas de espera, salas de lectura en bibliotecas, zonas de uso público en museos, galerías de arte, ferias y exposiciones, etc. | 2 |
| | Vestíbulos generales, zonas de uso público en plantas de sótano, baja y entreplanta. | 2 |
| | Vestíbulos, vestuarios, camerinos y otras dependencias similares y anejas a salas de espectáculos y de reunión. | 2 |
| | Zonas de público en terminales de transporte. | 10 |
| Zonas de servicio de bares, restaurantes, cafeterías, etc | 20 | |
| Archivos, almacenes | | 40 |

⁽¹⁾ Deben considerarse las posibles utilizaciones especiales y circunstanciales de determinadas zonas o recintos, cuando puedan suponer un aumento importante de la ocupación en comparación con la propia del uso normal previsto. En dichos casos se debe, o bien considerar dichos usos alternativos a efectos de evacuación, o bien dejar constancia, tanto en la documentación del proyecto, como en el Libro del edificio, de que las ocupaciones y los usos previstos han sido únicamente los característicos de la actividad.

3 Número de salidas y longitud de los recorridos de evacuación

- 1 En la tabla 3.1 se indica el número de salidas que debe haber en cada caso, como mínimo, así como la longitud de los recorridos de evacuación hasta ellas.

Tabla 3.1. Número de salidas y recorridos de evacuación

| Número de salidas existentes | Condiciones |
|--|--|
| Plantas o recintos con una sola salida | <p>No se admite, en uso hospitalario¹, en las plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo, así como en salas o unidades para pacientes hospitalizados cuya superficie construida exceda de 90 m²</p> <p>Máxima ocupación admisible:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 100 personas, excepto en los casos que se indican a continuación - En el caso de <i>salida de</i> un edificio de vivienda, 500 personas en el conjunto del edificio - 50 personas en zonas desde las que la evacuación deba salvar una altura mayor que 2 m en sentido ascendente - 50 alumnos en escuelas infantiles, enseñanza primaria o secundaria <p>Longitud máxima de los <i>recorridos de evacuación</i> hasta una <i>salida de planta</i>:²</p> <ul style="list-style-type: none"> - 25 m, excepto en los casos que se indican a continuación: - 35 m en uso garaje o aparcamiento - 50 m si se trata de una planta que tiene una salida directa al <i>espacio exterior seguro</i> y la ocupación no excede de 25 personas <p>Máxima <i>altura de evacuación</i> de la planta:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 28 m, excepto en el caso que se indica a continuación - En uso Residencial, segunda planta por encima de la de <i>salida de edificio</i>³ |
| Plantas o recintos con más de una salida | <p>Longitud máxima de los <i>recorridos de evacuación</i> hasta alguna <i>salida de planta</i>:²</p> <ul style="list-style-type: none"> - 50 m, excepto en los casos citados a continuación - En uso vivienda o residencial, 35 m - En plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo en uso hospitalario, 40 m - En plantas de escuela infantil o de enseñanza primaria, 30 m <p>Longitud máxima de los <i>recorridos de evacuación</i> hasta llegar a algún punto desde el cual existan al menos dos <i>recorridos alternativos</i>:²</p> <ul style="list-style-type: none"> - 25 m, excepto en los casos citados a continuación - En plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo en uso hospitalario, 15 m - En uso garaje o aparcamiento, 35 m |

⁽¹⁾ Al menos una de las salidas debe ser un acceso a otro *sector de incendio*, a una *escalera protegida*, a un *pasillo protegido* o a un *vestíbulo de independencia*.

⁽²⁾ La longitud de los *recorridos de evacuación* que se indican se puede aumentar un 25% cuando se trate de *sectores de incendio protegidos* con rociadores automáticos de agua.

⁽³⁾ Si el establecimiento no excede de 20 plazas de alojamiento y está dotado de un sistema de detección y alarma, puede aplicarse el límite general de 28 m de *altura de evacuación*.

4 Dimensionado de los medios de evacuación

4.1 Criterios para la asignación de los ocupantes

- 1 Cuando en un recinto, en una planta o en el edificio deba existir más de una salida, la distribución de los ocupantes entre ellas, a efectos de cálculo, debe hacerse suponiendo inutilizada una de ellas, bajo la hipótesis más desfavorable.
- 2 En la planta de desembarco de una escalera, el flujo de personas que la utiliza deberá añadirse a la salida de planta que les corresponda, a efectos de determinar la anchura de esta. Dicho flujo deberá estimarse, o bien en 160 A personas, siendo A la anchura, en metros, del desembarco de la escale-

ra, o bien en el número de personas que utiliza la escalera en el conjunto de las plantas, cuando este número de personas sea menor que 160A.

4.2 Cálculo

- 1 El dimensionado de los elementos de evacuación debe realizarse conforme a lo que se indica en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Dimensionamiento de los elementos de la evacuación

| Tipo de elemento | Dimensionamiento |
|-----------------------------|--|
| Puertas y pasos | $A \geq P / 200$ ⁽¹⁾ $\geq 0,80$ m ⁽²⁾ La anchura de toda hoja de puerta no debe ser menor que 0,60 m, ni exceder de 1,20 m El sentido de apertura de toda puerta prevista para más de 50 personas, en establecimientos de uso comercial o pública concurrencia, o para más de 100 personas en cualquier otro uso, será el previsto para la evacuación |
| Pasillos | $A \geq P / 200 \geq 1,00$ m ⁽³⁾ ⁽⁴⁾ |
| Escaleras no protegidas | |
| para evacuación descendente | $A \geq P / 160$ ⁽⁵⁾ |
| para evacuación ascendente | $A \geq P / (160-10h)$ ⁽⁵⁾ |
| Escaleras protegidas | $P \leq 3 S + 160 A_S$ ⁽⁵⁾ |

A = Anchura del elemento, [m]

A_S = Anchura de la *escalera protegida* en su desembarco en la planta de *salida del edificio*, [m]

h = *Altura de evacuación* ascendente, [m]

P = Número total de personas cuyo paso está previsto por el punto cuya anchura se dimensiona.

S = Superficie útil del recinto de la *escalera protegida* en el conjunto de las plantas de las que provienen las P personas. Incluye la superficie de los tramos, de los rellanos y de las mesetas intermedias).

⁽¹⁾ La anchura de una puerta de salida del recinto de una *escalera protegida* a planta de *salida del edificio* debe ser al menos igual al 80% de la anchura de la escalera.

⁽²⁾ En uso hospitalario $A \geq 1,05$ m, incluso en puertas de habitación.

⁽³⁾ En uso hospitalario $A \geq 2,20$ m ($\geq 2,10$ m en el paso a través de puertas).

⁽⁴⁾ En establecimientos de uso Comercial, la anchura mínima de los pasillos situados en áreas de venta es la siguiente:

a) Si la superficie construida del área de ventas excede de 400 m²:

- si está previsto el uso de carros para transporte de productos:
 entre baterías con más de 10 cajas de cobro y estanterías: $A \geq 4,00$ m
 en otros pasillos: $A \geq 1,80$ m

- si no está previsto el uso de carros para transporte de productos: $A \geq 1,40$ m

b) Si la superficie construida del área de ventas no excede de 400 m²:

- si está previsto el uso de carros para transporte de productos:
 entre baterías con más de 10 cajas de cobro y estanterías: $A \geq 3,00$ m
 en otros pasillos: $A \geq 1,40$ m

- si no está previsto el uso de carros para transporte de productos: $A \geq 1,20$ m

⁽⁵⁾ Las anchuras mínimas son:

- 0,80 m en escaleras previstas para 10 personas, como máximo, y estas sean usuarios habituales de la misma.
- 1,20 m en uso Docente, en zonas de escolarización infantil y en centros de enseñanza primaria, así como en zonas de público de uso pública concurrencia y comercial.
- en uso hospitalario, 1,40 m en zonas destinadas a pacientes internos o externos con recorridos que obligan a giros iguales o mayores que 90° y 1,20 m en otras zonas.
- 1,00 m en el resto de los casos.

Tabla 4.2. Capacidad de evacuación de las escaleras en función de su anchura

| Anchura de la escalera en m | Escalera no protegida | | Escalera protegida (evacuación descendente o ascendente) ⁽¹⁾ | | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|------------------------|---|-----|------|------|------|-----------------|
| | Evacuación ascendente ⁽²⁾ | Evacuación descendente | Nº de plantas | | | | | cada planta más |
| | | | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | |
| 1,00 | 132 | 160 | 224 | 288 | 352 | 416 | 480 | +32 |
| 1,10 | 145 | 176 | 248 | 320 | 392 | 464 | 536 | +36 |
| 1,20 | 158 | 192 | 274 | 356 | 438 | 520 | 602 | +41 |
| 1,30 | 171 | 208 | 302 | 396 | 490 | 584 | 678 | +47 |
| 1,40 | 184 | 224 | 328 | 432 | 536 | 640 | 744 | +52 |
| 1,50 | 198 | 240 | 356 | 472 | 588 | 704 | 820 | +58 |
| 1,60 | 211 | 256 | 384 | 512 | 640 | 768 | 896 | +64 |
| 1,70 | 224 | 272 | 414 | 556 | 698 | 840 | 982 | +71 |
| 1,80 | 237 | 288 | 442 | 596 | 750 | 904 | 1058 | +77 |
| 1,90 | 250 | 304 | 472 | 640 | 808 | 976 | 1144 | +84 |
| 2,00 | 264 | 320 | 504 | 688 | 872 | 1056 | 1240 | +92 |
| 2,10 | 277 | 336 | 534 | 732 | 930 | 1128 | 1326 | +99 |
| 2,20 | 290 | 352 | 566 | 780 | 994 | 1208 | 1422 | +107 |
| 2,30 | 303 | 368 | 598 | 828 | 1058 | 1288 | 1518 | +115 |
| 2,40 | 316 | 384 | 630 | 876 | 1122 | 1368 | 1614 | +123 |

Número de ocupantes que pueden utilizar la escalera

⁽¹⁾ La capacidad que se indica es válida para escaleras de doble tramo, cuya anchura sea constante en todas las plantas y cuyas dimensiones de rellanos y de mesetas intermedias sean las estrictamente necesarias en función de dicha anchura. Para otras configuraciones debe aplicarse la fórmula de la tabla 4.1, determinando para ello la superficie S de la escalera considerada.

⁽²⁾ Según se indica en la tabla 5.1, las escaleras no protegidas para una evacuación ascendente de más de 2,80 m no pueden servir a más de 100 personas.

5 Protección de las escaleras

- 1 En la tabla 5.1 se indican las condiciones de protección que deben cumplir las escaleras previstas para evacuación.

Tabla 5.1. Protección de las escaleras

| Uso ⁽¹⁾ | Condiciones según tipo de protección de la escalera | | |
|---|---|------------------------|-------------------------|
| | No protegida | Protegida | Especialmente protegida |
| Escaleras para evacuación descendente | | | |
| Vivienda | $h \leq 14$ m | $h \leq 50$ m | |
| Administrativo, docente, | $h \leq 14$ m | $h \leq 28$ m | |
| Comercial, pública concurrencia | $h \leq 10$ m | $h \leq 20$ m | |
| Residencial | Baja más una ⁽²⁾ | $h \leq 28$ m | |
| Hospitalario | | | Se admite en todo caso |
| zonas de hospitalización o de tratamiento intensivo | No se admite | $h \leq 14$ m | |
| otras zonas | $h \leq 10$ m | $h \leq 20$ m | |
| Garaje o aparcamiento | No se admite | No se admite | |
| Escaleras para evacuación ascendente | | | |
| Uso Garaje-aparcamiento | No se admite | No se admite | |
| Otro uso: $h \leq 2,80$ m | Se admite en todo caso | Se admite en todo caso | Se admite en todo caso |
| $2,80 < h \leq 6,00$ m | $P \leq 100$ personas | Se admite en todo caso | |
| $h > 6,00$ m | No se admite | Se admite en todo caso | |

⁽¹⁾ Las escaleras que sirvan a diversos usos cumplirán en todas las plantas las condiciones más restrictivas de las correspondientes a cada uno de ellos. Cuando un establecimiento contenido en un edificio de uso Vivienda no precise constituir *sector de incendio* conforme al capítulo 1 de la sección 1 de este DB, las condiciones exigibles a las escaleras comunes son las correspondientes al uso vivienda.

⁽²⁾ En establecimientos con menos de 20 plazas de alojamiento se podrá optar por instalar un sistema de detección y alarma como medida alternativa a la exigencia de *escalera protegida*.

6 Señalización de los medios de evacuación

- 1 Se utilizarán las señales de salida, de uso habitual o de emergencia, definidas en la norma UNE 23034:1988, conforme a los siguientes criterios:
 - a) Las salidas de recinto, planta o edificio tendrán una señal de "SALIDA", excepto en edificios de uso Vivienda y, en otros usos, cuando se trate de salidas de recintos cuya superficie no exceda de 50 m², sean fácilmente visibles desde todo punto de dichos recintos y los ocupantes estén familiarizados con el edificio.
 - b) La señal de "*Salida de emergencia*" debe utilizarse en toda salida prevista para uso exclusivo en caso de emergencia.
 - c) Deben disponerse señales indicativas de dirección de los recorridos, visibles desde todo origen de evacuación desde el que no se perciban directamente las salidas o sus señales indicativas y, en particular, frente a toda salida de un recinto con ocupación mayor que 100 personas que acceda lateralmente a un pasillo.
 - d) En los puntos de los *recorridos de evacuación* en los que existan alternativas que puedan inducir a error, también se dispondrán las señales antes citadas, de forma tal que quede claramente indicada la alternativa correcta.
 - e) En dichos recorridos, las puertas que no sean salida y que puedan inducir a error en la evacuación, deberán señalizarse con la señal "sin salida" dispuesta en lugar fácilmente visible y próxima a la puerta.
 - f) Las señales se dispondrán de forma coherente con la asignación de ocupantes que se pretenda hacer a cada salida, conforme a lo establecido en el capítulo 4 de esta sección.

7 Control del humo de incendio

- 1 En los casos que se indican a continuación se debe instalar un sistema de control del humo de incendio capaz de garantizar dicho control durante la evacuación de los ocupantes, de forma que ésta se pueda llevar a cabo en condiciones de seguridad:
 - a) garajes que no tengan la consideración de *garaje abierto*;
 - b) establecimientos de uso comercial o pública concurrencia cuya ocupación exceda de 500 personas;
 - c) *atrios*, cuando su ocupación en el conjunto de las zonas y plantas que constituyan un mismo sector de incendio, exceda de 500 personas, o bien cuando esté previsto para ser utilizado para la evacuación de más de 500 personas.
- 2 El diseño y cálculo del sistema de control de humo de incendio pueden realizarse de acuerdo con el documento CR 12101:2000. Para el caso a) puede también utilizarse el sistema de ventilación por extracción mecánica exigido en DB HS 3 si, además de las condiciones que allí se establecen para el mismo, cumple las siguientes condiciones especiales:
 - a) El sistema debe activarse automáticamente en caso de incendio mediante una instalación de detección, cerrándose también automáticamente las aberturas de extracción de aire más cercanas al suelo mediante compuertas E₆₀₀ 90 (PF-90).
 - b) Los ventiladores deben tener una clasificación F₄₀₀ durante 90 minutos.
 - c) Los conductos deben tener una clasificación E₆₀₀ 90 (PF-90).

Sección SI 4

Detección, control y extinción del incendio

1 Dotación de instalaciones de protección contra incendios

- 1 Los edificios deben disponer de los equipos e instalaciones de protección contra incendios que se indican en la tabla 1.1 de esta sección. El diseño, la ejecución, la puesta en funcionamiento y el mantenimiento de dichas instalaciones, así como sus materiales, sus componentes y sus equipos, cumplirán lo establecido, tanto en el artículo 3.1 de este CTE, como en el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios, en sus disposiciones complementarias y en cualquier otra reglamentación específica que le sea de aplicación.

Tabla 1.1. Dotación de instalaciones de protección contra incendios

| Uso del edificio o establecimiento | Condiciones |
|------------------------------------|--|
| Instalación | |
| En general | |
| Extintores portátiles | Uno de eficacia 21A-113B: <ul style="list-style-type: none"> - Cada 15 m de recorrido en cada planta, como máximo, desde todo <i>origen de evacuación</i>. - En las zonas de riesgo especial conforme al capítulo 2 de la sección 1⁽⁷⁾ de este DB. |
| Bocas de incendio | En zonas de riesgo especial alto, conforme al capítulo 2 de la sección SI1, en las que el riesgo se deba principalmente a materias combustibles sólidas ⁽²⁾ |
| Hidrantes exteriores | Si la altura de evacuación descendente excede de 28 m o si la ascendente excede 6 m, así como en <i>establecimiento</i> de densidad de ocupación mayor que 1 persona cada 5 m ² y cuya superficie construida está comprendida entre 2.000 y 10.000 m ² . Al menos un hidrante hasta 10.000 m ² de superficie construida y uno más por cada 10.000 m ² adicionales o fracción. |
| Sistema automático de extinción | de En toda cocina en la que la potencia instalada exceda de 20 kW. ⁽³⁾ |
| Vivienda | |
| Columna seca ⁽⁴⁾ | Si la altura de evacuación excede de 24 m. |
| Detección y alarma automática | Si la altura de evacuación excede de 50 m, en las zonas comunes. |
| Ascensor de emergencia | En las plantas cuya altura de evacuación excede de 35 m. ⁽⁵⁾ |
| Hidrantes exteriores | Uno si la superficie total construida está comprendida entre 5.000 y 10.000 m ² . Uno más por cada 10.000 m ² adicionales o fracción. |
| Administrativo | |
| Bocas de incendio | Si la superficie construida excede de 2.000 m ² . ⁽⁶⁾ |
| Columna seca ⁽⁴⁾ | Si la altura de evacuación excede de 24 m. |
| Alarma | Si la superficie construida está comprendida entre 1.000 y 2.000 m ² . |

| | |
|--------------------------------|---|
| Detección y alarma automática | Si la superficie construida excede de 2.000 m ² , en zonas de riesgo alto conforme al capítulo 2 de la sección 1 de este DB. |
| Hidrantés exteriores | Uno si la superficie total construida está comprendida entre 5.000 y 10.000 m ² . Uno más por cada 10.000 m ² adicionales o fracción. |
| Residencial | |
| Bocas de incendio | Si la superficie construida excede de 1.000 m ² o el establecimiento está previsto para dar alojamiento a más de 50 personas |
| Columna seca ⁽⁴⁾ | Si la altura de evacuación excede de 24 m |
| Detección y alarma | Si la superficie construida excede de 500 m ² |
| Rociadores automáticos de agua | Si la altura de evacuación excede de 28 m o la superficie construida del establecimiento excede de 5.000 m ² |
| Hidrantés exteriores | Uno si la superficie total construida está comprendida entre 2.000 y 10.000 m ² . Uno más por cada 10.000 m ² adicionales o fracción. |
| Hospitalario | |
| Extintores portátiles | En las <i>zonas de riesgo especial</i> alto, conforme al capítulo 2 de la sección 1 de este DB, cuya superficie construida excede de 500 m ² , un extintor móvil de 25 kg de polvo o de CO ₂ por cada 2.500 m ² de superficie o fracción. |
| Columna seca ⁽⁴⁾ | Si la altura de evacuación excede de 15 m. |
| Bocas de incendio | En todo caso ⁽⁶⁾ |
| Detección y alarma automática | En todo caso. El <i>sistema de alarma</i> debe permitir la transmisión de alarmas locales, de alarma general y de instrucciones verbales. Si el edificio dispone de más de 100 camas debe contar con comunicación telefónica directa con el servicio de bomberos. |
| Ascensor de emergencia | En las zonas de hospitalización y de tratamiento intensivo cuya altura de evacuación es mayor que 15 m. ⁽⁵⁾ |
| Hidrantés exteriores | Uno si la superficie total construida está comprendida entre 2.000 y 10.000 m ² . Uno más por cada 10.000 m ² adicionales o fracción. |
| Docente | |
| Bocas de incendio | Si la superficie construida excede de 2.000 m ² |
| Columna seca ⁽⁴⁾ | Si la altura de evacuación excede de 24 m |
| Alarma | Si la superficie construida está comprendida entre 1.000 y 5.000 m ² |
| Detección y alarma automática | Si la superficie construida excede de 5.000 m ² ⁽⁷⁾ |
| Hidrantés exteriores | Uno si la superficie total construida está comprendida entre 5.000 y 10.000 m ² . Uno más por cada 10.000 m ² adicionales o fracción. |
| Comercial | |
| Extintores portátiles | En toda agrupación de <i>locales de riesgo especial</i> medio y alto cuya superficie construida total excede de 1.000 m ² , extintores móviles de 50 kg de polvo, distribuidos a razón de un extintor por cada 1.000 m ² de superficie que supere dicho límite o fracción. |
| Bocas de incendio | Si la superficie construida excede de 500 m ² . |
| Columna seca ⁽⁴⁾ | Si la altura de evacuación excede de 24 m. |
| Alarma | Si la superficie construida está comprendida entre 1.000 y 2.000 m ² . |
| Detección y alarma automática | Si la superficie construida excede de 2.000 m ² . |
| Rociadores automáticos de agua | Si la superficie total construida excede de 1.500 m ² , en las áreas públicas de ventas en las que la densidad de <i>carga de fuego</i> ponderada y corregida aportada por los productos comercializados sea mayor que 500 MJ/m ² (aproximadamente 120 Mcal/m ²) y en los recintos de riesgo especial medio y alto conforme al capítulo 2 de la sección 1 de este DB. |
| Hidrantés exteriores | Uno si la superficie total construida está comprendida entre 1.000 y 10.000 m ² . |

| | |
|-------------------------------|---|
| | Uno más por cada 10 000 m ² adicionales o fracción. |
| Pública concurrencia | |
| Bocas de incendio | Si la superficie construida excede de 500 m ² |
| Columna seca ⁽⁴⁾ | Si la altura de evacuación excede de 24 m |
| Alarma | Si la ocupación excede de 500 personas. La instalación debe ser apta para emitir mensajes por megafonía. |
| Detección y alarma automática | Si la superficie construida excede de 2 000 m ² |
| Hidrantes exteriores | En cines, teatros, auditorios y discotecas con superficie construida comprendida entre 500 y 10.000 m ² y en recintos deportivos con superficie construida comprendida entre 5.000 y 10.000 m ² . |
| Garaje | |
| Bocas de incendio | Si la superficie construida excede de 500 m ² . |
| Columna seca ⁽⁴⁾ | Si existen más de tres plantas bajo rasante o más de cuatro sobre rasante. |
| Detección y alarma automática | Si la superficie construida excede de 500 m ² . |
| Hidrantes exteriores | Uno si la superficie construida está comprendida entre 1.000 y 10.000 m ² y uno más cada 10.000 m ² más o fracción. |

⁽¹⁾ Un extintor en el exterior del local o de la zona y próximo a la puerta de acceso, el cual podrá servir simultáneamente a varios locales o zonas. En el interior del local o de la zona se instalarán además los extintores suficiente para que la longitud del recorrido real hasta alguno de ellos, incluido el situado en el exterior, no sea mayor que 15 m en locales de riesgo especial medio o bajo, o que 10 m en locales o zonas de riesgo especial alto

⁽²⁾ Los equipos serán de tipo 45 mm.

⁽³⁾ Para la determinación de la potencia total instalada, las freidoras y las sartenes basculantes se computarán a razón de 1 kW por cada litro de capacidad, independientemente de la potencia que tengan. La eficacia del sistema deberá quedar asegurada teniendo en cuenta la actuación del sistema de extracción de humos.

⁽⁴⁾ Los municipios pueden sustituir esta condición por la de una instalación de bocas de incendio equipadas cuando, por el emplazamiento de un edificio o por el nivel de dotación de los servicios públicos de extinción existentes, no quede garantizada la utilidad de la instalación de columna seca.

⁽⁵⁾ Sus características serán las siguientes:

- Tendrá como mínimo una capacidad de carga de 630 kg, una superficie de cabina de 1,40 m², una anchura de paso de 0,80 m y una velocidad tal que permita realizar todo su recorrido en menos de 60 s.
- En uso hospitalario, las dimensiones de la planta de la cabina serán 1,20 m x 2,10 m, como mínimo.
- En la planta de acceso al edificio se dispondrá, junto a los mandos del ascensor, un pulsador, bajo una tapa de vidrio, con la inscripción "USO EXCLUSIVO BOMBEROS"; la activación del pulsador debe provocar el envío del ascensor a la planta de acceso y permitir su maniobra exclusivamente desde la cabina.
- En caso de fallo del abastecimiento normal, la alimentación eléctrica al ascensor de emergencia, pasará a realizarse de forma automática desde una fuente propia de energía que disponga de una autonomía de 1 h como mínimo.

⁽⁶⁾ Los equipos serán de tipo 25 mm.

⁽⁷⁾ Pulsadores manuales en las zonas de riesgo medio y alto conforme al capítulo 2 de la sección 1 de este DB y detectores adecuados a la clase de fuego previsible en todos los locales de riesgo alto.

2 Señalización de las instalaciones manuales de protección contra incendios

- 1 Los medios de protección contra incendios de utilización manual (extintores, bocas de incendio, pulsadores manuales de alarma y dispositivos de disparo de sistemas de extinción) se deben señalar mediante señales definidas en la norma UNE 81501 cuyo tamaño sea:
 - a) 210 x 210 mm cuando la distancia de observación de la señal no exceda de 10 m;
 - b) 420 x 420 mm cuando la distancia de observación esté comprendida entre 10 y 20 m;
 - c) 594 x 594 mm cuando la distancia de observación esté comprendida entre 20 y 30 m.
- 2 Las señales deben ser visibles incluso en caso de fallo en el suministro al alumbrado normal. Cuando sean foto luminiscentes, sus características de emisión luminosa debe cumplir lo establecido en la norma UNE 23 035-1:1995.

Sección SI 5

Intervención de los bomberos

1 Condiciones de aproximación y entorno

1.1 Aproximación a los edificios

- 1 Los viales de aproximación a los espacios de maniobra a los que se refiere el apartado 1.2, deben cumplir las condiciones siguientes:
 - a) anchura mínima libre 5 m;
 - b) altura mínima libre o gálibo 4 m;
 - c) capacidad portante del vial 20 kN/m².
- 2 En los tramos curvos, el carril de rodadura debe quedar delimitado por la traza de una corona circular cuyos radios mínimos deben ser 5,30 m y 12,50 m, con una anchura libre para circulación de 7,20 m.

1.2 Entorno de los edificios

- 1 Los edificios con una altura de evacuación descendente mayor que 9 m deben disponer de un espacio de maniobra que cumpla las siguientes condiciones a lo largo de las fachadas en las que estén situados los accesos principales:
 - a) anchura mínima libre 6 m;
 - b) altura libre la del edificio;
 - c) separación máxima del vehículo al edificio 10 m;
 - d) distancia máxima hasta cualquier acceso principal al edificio 30 m;
 - e) pendiente máxima 10%;
 - f) resistencia al punzonamiento del suelo 10 t sobre 20 cm ϕ .
- 2 La condición referida al punzonamiento debe cumplirse en las tapas de registro de las canalizaciones de servicios públicos, sitas en ese espacio, cuando sus dimensiones fueran mayores que 0,15m x 0,15m, debiendo ceñirse a las especificaciones de la norma UNE EN 124:1995.
- 3 El espacio de maniobra debe mantenerse libre de mobiliario urbano, arbolado, jardines, mojones u otros obstáculos. De igual forma, donde se prevea el acceso a una fachada con escaleras o plataformas hidráulicas, se evitarán elementos tales como cables eléctricos aéreos o ramas de árboles que puedan interferir con las escaleras, etc.
- 4 En el caso de que el edificio esté equipado con columna seca debe haber acceso para un equipo de bombeo a menos de 18 m de cada punto de conexión a ella. El punto de conexión será visible desde el camión de bombeo.
- 5 En edificios en manzana cerrada en los que existan viviendas cuyos huecos estén abiertos exclusivamente hacia patios o plazas interiores, deberá existir acceso a éstos para los vehículos del servicio de extinción de incendios. Tanto las plazas o patios como los accesos antes citados cumplirán lo establecido en este apartado y en el apartado 1.1.
- 6 En las vías de acceso sin salida de más de 20 m de largo se dispondrá de un espacio suficiente para la maniobra de los vehículos del servicio de extinción de incendios.

- 7 En zonas edificadas limítrofes o interiores a áreas forestales, deben cumplirse las condiciones siguientes:
- a) debe haber una franja de 25 m de anchura separando la zona edificada de la forestal, libre de arbustos o vegetación que pueda propagar un incendio del área forestal así como un camino perimetral de 5 m;
 - b) la zona edificada o urbanizada debe disponer preferentemente de dos vías de acceso alternativas, cada una de las cuales debe cumplir las condiciones expuestas en el apartado 1.1;
 - c) cuando no se pueda disponer de las dos vías alternativas indicadas en el párrafo anterior, el acceso único debe finalizar en un fondo de saco de forma circular de 12,50 m de radio, en el que se cumplan las condiciones expresadas en el primer párrafo de este apartado.

2 Accesibilidad por fachada

- 1 Las fachadas a las que se hace referencia en el apartado 1.2 deben disponer de huecos que permitan el acceso desde el exterior al personal del servicio de extinción de incendios. Dichos huecos deben cumplir las condiciones siguientes:
- a) facilitar el acceso a cada una de las plantas del edificio, de forma que la altura del alféizar respecto del nivel de la planta a la que accede no sea mayor que 1,20 m;
 - b) sus dimensiones horizontal y vertical deben ser, al menos, 0,80 m y 1,20 m respectivamente. La distancia máxima entre los ejes verticales de dos huecos consecutivos no debe exceder de 25 m, medida sobre la fachada;
 - c) no se deben instalar en fachada elementos que impidan o dificulten la accesibilidad al interior del edificio a través de dichos huecos, a excepción de los elementos de seguridad situados en los huecos de las plantas cuya altura de evacuación no exceda de 9 m.

Sección SI 6

Resistencia al fuego de la estructura

1 Generalidades

- 1 La elevación de la temperatura que se produce como consecuencia de un incendio en un edificio afecta a su estructura de dos formas diferentes: por un lado, las propiedades del material se ven afectadas, disminuyendo de forma importante su capacidad mecánica; y, por otro, aparecen acciones indirectas: deformaciones de los elementos, que, generalmente dan lugar a tensiones que se suman a las debidas a otras acciones. Para el cálculo de la resistencia estructural al fuego, las acciones derivadas del incendio deben ser consideradas simultáneamente con otras acciones que puedan ser concomitantes.
- 2 En este documento se indican únicamente métodos simplificados de cálculo suficientemente aproximados para la mayoría de las situaciones habituales (véase anejos C a F). Estos métodos sólo recogen el estudio de la *resistencia al fuego* de los elementos estructurales individuales ante la *curva* de incendio *normalizada* (véase anejo B).
- 3 En la UNE-ENV 1991-2-2:1998 “Acciones sobre las estructuras” se indican otros modelos de fuego que pueden ser adoptados para representar de forma más ajustada las *curvas tiempo-temperatura* de los incendios reales, como pueden ser las llamadas *curvas paramétricas* o, cuando el incendio no está totalmente desarrollado, modelos de una o dos zonas o *fuegos localizados*. Igualmente se dan indicaciones de cómo utilizar los métodos basados en “Modelos informáticos de dinámica de fluidos” (CFD según siglas inglesas).
- 4 Se recogen también otras *curvas nominales* para fuego exterior o para incendios producidos por combustibles de gran poder calorífico, como hidrocarburos, y métodos para el estudio de los elementos externos: elementos estructurales situados fuera de la envolvente del *sector de incendio* y que el fuego afecta a través de las aberturas en fachada.
- 5 De forma similar en las partes 1-2 de los Eurocódigos dedicados a materiales estructurales (UNE-ENV 1992-1-2:1996, UNE-ENV 1993-1-2:1996, UNE-ENV 1994-1-2:1996, UNE-ENV 1995-1-2:1999), se indican modelos de resistencias de mayor precisión para los materiales.
- 6 Todos estos métodos indicados en los Eurocódigos son adecuados para el estudio de edificios singulares o el tratamiento global de la estructura o parte de ella, así como cuando, por cualquier circunstancia, se requiera un estudio más ajustado a la situación de incendio real.
- 7 En cualquier caso, es válido también evaluar el comportamiento de una estructura, de parte de ella o de un elemento estructural mediante la realización de ensayos llevados a cabo según lo indicado en la norma UNE-EN 1363: 2000.
- 8 Si se utilizan los métodos simplificados indicados en este documento no es necesario tener en cuenta las acciones indirectas derivadas del incendio.

2 Resistencia al fuego de la estructura

- 1 Debe verificarse que durante la *duración del incendio* se cumple:

$$E_{fi,d,t} \leq R_{fi,d,t} \quad (2.1)$$

siendo:

$E_{fi,d,t}$ valor de cálculo del efecto de las acciones sobre el elemento en situación de incendio, en el instante t ;

$R_{fi,d,t}$ valor de cálculo de la resistencia del elemento en situación de incendio en el instante t .

- 2 Como *duración del incendio* se podrá adoptar:
 - a) el tiempo en minutos expresado por la *resistencia al fuego* indicada en el apartado 3 de esta sección para elementos estructurales principales o secundarios (véase tabla 3.1) o zonas de riesgo especial (véase tabla 3.2), o bien,
 - b) el *tiempo equivalente de exposición al fuego*, obtenido según el anejo B.
- 3 En el caso de *sectores de riesgo mínimo* y en aquellos *sectores de incendio* que por su tamaño y la distribución de la *carga de fuego* no sea previsible la existencia de fuegos totalmente desarrollados, la comprobación de la *resistencia al fuego* puede hacerse elemento a elemento mediante el estudio por medio de *fuegos localizados*, según se indica en el Eurocódigo 1, ENV-EN 1991-2-2:1998, situando sucesivamente la *carga de fuego* en la posición previsible más desfavorable para el elemento.
- 4 En los *sectores de riesgo mínimo* no es necesario hacer comprobación de la *resistencia al fuego*.
- 5 La capacidad portante de la estructura tras el incendio no es considerada en este documento.

3 Elementos estructurales principales

- 1 Se considera que la *resistencia al fuego* de un elemento estructural principal del edificio (incluidos forjados, vigas, soportes y tramos de escaleras que sean *recorrido de evacuación*, salvo que sean *escaleras protegidas*) es suficiente si es igual o superior a la menor de las dos siguientes:
 - a) la indicada en la tabla 3.1, en función del uso del *sector de incendio* y de la *altura de evacuación* del edificio, o en la tabla 3.2 si está en un sector de riesgo especial;
 - b) la necesaria para soportar un fuego normalizado durante el tiempo dado por el *tiempo equivalente de exposición al fuego*.

Tabla 3.1. Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales

| Uso del recinto inferior al forjado considerado | Plantas de sótano | Plantas sobre rasante altura de evacuación del edificio | | |
|---|--|--|----------------|----------------|
| | | <15 m | <28 m | ≥28 m |
| Vivienda unifamiliar ⁽¹⁾ | R-30 (EF-30) | R-30 (EF-30) | - | - |
| Vivienda, Residencial, Docente, Administrativo | R-120 (EF-120) | R-60 (EF-60) | R-90 (EF-90) | R-120 (EF-120) |
| Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario | R-120 (EF-120) ⁽²⁾ | R-90 (EF-90) | R-120 (EF-120) | R-180 (EF-180) |
| Garaje (edificio de uso exclusivo) | | R-90 (EF-90) | | |
| Garaje (situado bajo un uso distinto) | R-120 (EF-120) o la dada para el edificio si es superior | | | |

⁽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 Vivienda*.

⁽²⁾ R-180 si la *altura de evacuación* del edificio es ≥28 m.

Tabla 3.2. Resistencia al fuego suficiente en zonas de riesgo especial

| | |
|-----------------------|----------------|
| Riesgo especial Bajo | R-90 (EF-90) |
| Riesgo especial Medio | R-120 (EF-120) |
| Riesgo especial Alto | R-180 (EF-180) |

- 2 En edificios exentos, salvo los de *uso Hospitalario*, las estructuras de cubiertas ligeras no previstas para ser utilizadas en la evacuación de los ocupantes y cuya altura respecto de la rasante exterior no exceda de 28 m, así como los soportes que únicamente sustenten dichas cubiertas, podrán ser R-30 (EF-30) cuando 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*. A tales efectos, puede entenderse como ligera aquella cubierta cuya carga permanente no exceda de 1 kN/m².
- 3 Los elementos estructurales de una *escalera protegida* que estén contenidos en el recinto de ésta, serán como mínimo R-30 (EF-30). Cuando se trate de *escaleras especialmente protegidas* no es necesaria ninguna *resistencia al fuego* de los elementos estructurales.

4 Elementos estructurales secundarios

- 1 A los elementos estructurales secundarios, tales como los cargaderos o los de las entreplantas de un local, se les exige la misma *resistencia al fuego* que a los elementos principales si su colapso puede ocasionar daños personales o compromete la estabilidad global, la evacuación o la compartimentación en *sectores de incendio* del edificio. En otros casos no precisan cumplir ninguna exigencia de *resistencia al fuego*.

5 Determinación de los efectos de las acciones durante el incendio

- 1 Deben ser consideradas las mismas acciones permanentes y variables que en el cálculo en situación permanente, si es probable que actúen en caso de incendio.
- 2 Los efectos de las acciones durante la exposición al incendio deben considerarse según la siguiente combinación accidental definida en el documento DB SE, apartado 4.2.2, teniendo en cuenta que en situación de todas las acciones variables aparecen con su valor de combinación cuasi-permanente $\Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$. Es decir:

$$E_{fi,d,t} = E(\sum G_k "+" \sum \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} "+" A_{d,t}); \quad (5.1)$$

siendo:

$E_{fi,d,t}$ efecto de las acciones de cálculo en situación de incendio en el instante t

G_k valor característico de las acciones permanentes

$Q_{k,j}$ valor característico de las acción variable j

$A_{d,t}$ valor de cálculo del efecto de la acción del incendio en el instante t

$\Psi_{2,i}$ coeficiente de acciones cuasi permanentes para la acción variable j

“+” “ser combinado con”

\sum “combinación de”

$E(\cdot)$ “efecto de las acciones”

- 3 Los valores de las distintas acciones y coeficientes deben ser obtenidos según se indica en el documento DB SE, apartados 3.4.2 y 3.5.2.4.
- 4 Si se emplean los métodos indicados en este documento para el cálculo de la *resistencia al fuego* estructural puede tomarse como efecto de la acción de incendio únicamente el derivado del efecto de la temperatura en la resistencia del elemento estructural.
- 5 Como simplificación para el cálculo, se pueden estimar las acciones de cálculo en incendio de los de cálculo a temperatura normal como:

$$E_{fi,d} = \eta_{fi} E_d \quad (5.2)$$

siendo:

E_d efecto de las acciones de cálculo en situación permanente (temperatura normal);

η_{fi} factor de reducción.

donde el factor η_{fi} se puede obtener como:

$$\eta_{fi} = \frac{G_K + \Psi_{2,1} Q_{K,1}}{G_K + Q_{K,1}} \quad (5.3)$$

donde el subíndice ₁ es la acción variable preponderante considerada en la situación permanente.

6 Determinación de la *resistencia al fuego*

- 1 La *resistencia al fuego* de un elemento puede establecerse de alguna de las formas siguientes:
 - a) mediante la realización de ensayos según la norma UNE-EN 1363:2000;
 - b) comprobando las dimensiones de su sección transversal con lo indicado en las distintas tablas de especificaciones según el material dadas en los anejos C a F, para las distintas *resistencias al fuego*;
 - c) obteniendo su resistencia por los métodos simplificados dados en los mismos anejos.
- 2 En el caso de utilizar los métodos simplificados según el material, el valor de $R_{fi,d,t}$ (valor de cálculo de la resistencia del elemento para la situación de incendio) se determinará considerando la distribución de temperatura en la sección transversal y modificando las propiedades mecánicas del material o materiales teniendo en cuenta su variación a temperaturas elevadas, según se indica en los anejos correspondientes.
- 3 En el análisis del elemento puede considerarse que las coacciones en los apoyos y extremos del elemento durante el tiempo de exposición al fuego no varían con respecto a las que se producen a temperatura normal.
- 4 El valor de cálculo de los efectos de las acciones (reacciones en los apoyos y esfuerzos internos) puede obtenerse a partir del análisis de la estructura para temperatura normal multiplicados por el factor de reducción η_{fi} .
- 5 Cualquier modo de fallo no tenido en cuenta explícitamente en el análisis de esfuerzos o en la respuesta estructural deberá evitarse mediante detalles constructivos apropiados.
- 6 El valor del coeficiente parcial de la resistencia en situación de incendio debe tomarse como la unidad:

$$\gamma_{M,fi} = 1$$

- 7 En la utilización de tablas de especificaciones se considera el coeficiente μ_{fi} , definido como:

$$\mu_{fi} = \frac{E_{fi,d}}{R_{fi,d,0}} \quad (6.1)$$

siendo:

$R_{fi,d,0}$ resistencia del elemento estructural en situación de incendio en el instante inicial $t=0$, a temperatura normal.

Anejo A Terminología

Altura de evacuación

Diferencia de cotas entre un *origen de evacuación* y la *salida de edificio* que le corresponda. A efectos de determinar la *altura de evacuación* de un edificio no se consideran las plantas en las que únicamente existan *zonas de ocupación nula*.

Atrio

Espacio diáfano con altura equivalente a la de varias plantas del edificio comunicadas con dicho espacio mediante huecos, ventanas, balcones, pasillos abiertos, etc. Parte del perímetro del atrio puede también estar formado por muros ciegos o por fachadas del edificio.

Caja escénica

Volumen construido que abarca desde el nivel inferior hasta la cubierta del edificio, que constituye un escenario de teatro, sala de ópera, etc. equipado con decorados, tramoyas, mecanismos y foso y que constituye un *sector de incendio* que cumple las siguientes condiciones especiales:

- Está compartimentado respecto de la sala de espectadores mediante elementos EI 120 (RF-120) excepto en la boca de la escena, la cual se puede cerrar mediante un telón EI 60 (RF-60) de material incombustible cuyo tiempo de cierre no excede de 30 s y que puede soportar una presión de 0,4 kN/m² en ambos sentidos sin que su funcionamiento se vea afectado.
- El cierre del telón puede hacerse desde dos puntos, uno situado en el escenario y otro en lugar de acceso seguro, fuera del espacio del escenario. Cuando se cierra se emite una señal óptica de advertencia en el escenario. Hay una instalación de riego para el telón que se pone en funcionamiento desde el escenario y desde otro punto en lugar de acceso seguro;
- Dispone de vestíbulos de independencia en toda comunicación con la sala de espectadores;
- Encima de la escena sólo existen locales técnicos que sirven para uso directo de la escena;
- El recorrido de evacuación desde cualquier punto del escenario hasta alguna salida del sector no excede de 25 m y las puertas de salida abren en el sentido de la evacuación;
- Las pasarelas, galerías o similares existentes para uso de actores o empleados disponen de salidas de evacuación;
- La anchura mínima de las pasarelas y escaleras del escenario es de 0,80 m;
- La parte superior de la caja escénica dispone de un sistema adecuado para la eliminación de humos en caso de incendio.

Carga de fuego

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 1991-2-2:1998).

Curva normalizada tiempo-temperatura

Curva nominal que representa un modelo de *fuego totalmente desarrollado* en un *sector de incendio* (UNE EN 1991-2-2:1998).

Curvas tiempo-temperatura

Temperatura del aire en la proximidad de las superficies de un elemento, en función del tiempo. Pueden ser:

- **nominales:** curvas convencionales adoptadas para clasificar o verificar la resistencia al fuego, p.ej. la curva normalizada tiempo-temperatura, la curva de fuego exterior, la curva de fuego de hidrocarburos;
- **paramétricas:** determinadas a partir de modelos de fuego y de los parámetros físicos específicos que definen las condiciones del sector de incendio.

(UNE EN 1991-2-2:1998).

Densidad de carga de fuego

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 1991-2-2:1998)

Densidad de carga de fuego de cálculo

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 1991-2-2:1998)

Escalera abierta al exterior

Escalera que dispone de huecos permanentemente abiertos al exterior que, en cada planta, acumulan una superficie de $5A \text{ m}^2$, como mínimo, siendo A la anchura del tramo de la escalera, en m. Cuando dichos huecos comuniquen con un patio, las dimensiones de la proyección horizontal de éste deben admitir el trazado de un círculo inscrito de 15 m de diámetro.

Puede considerarse como *escalera especialmente protegida* aunque no disponga de vestíbulos de independencia en sus accesos.

Escalera especialmente protegida

Escalera que reúne las condiciones de *escalera protegida* y que además dispone de un *vestíbulo de independencia* diferente en cada uno de sus accesos desde cada planta. La existencia de dicho *vestíbulo de independencia* no es necesaria, ni cuando se trate de una *escalera abierta al exterior*, ni en la planta de salida del edificio, cuando la escalera comunique con un *sector de riesgo mínimo*.

Escalera protegida

Escalera de trazado continuo desde su inicio hasta su desembarco en planta de *salida del edificio* que, en caso de incendio, constituye un recinto suficientemente seguro para permitir que los ocupantes puedan permanecer en el mismo durante un determinado tiempo. Para ello debe reunir, además de las condiciones de seguridad de utilización exigibles a toda escalera (véase DB SU 1-4) las siguientes:

- 1 Es un recinto destinado exclusivamente a circulación y compartimentado del resto del edificio mediante elementos separadores EI 120 (RF-120). Si dispone de fachadas, estas deben cumplir las condiciones establecidas en SI 2-1 para limitar el riesgo de transmisión exterior del incendio desde otras zonas del edificio o desde otros edificios.

En la planta de salida del edificio la escalera puede carecer de compartimentación cuando comunique con un *sector de riesgo mínimo*.

- 2 El recinto tiene como máximo dos accesos en cada planta, los cuales se realizan a través de puertas EI₂ 60 (RF-60) y desde espacios de circulación comunes y sin ocupación propia.

Además de dichos accesos, pueden abrir al recinto locales destinados a aseo y ascensores, siempre que todas las puertas de estos, en el conjunto de las plantas, abran, o bien al recinto de la escalera protegida considerada, o bien a un *vestíbulo de independencia*.

En el recinto también pueden existir tapas de registro de patinillos o de conductos para instalaciones, siempre que estas sean EI 60 (RF-60).

En la planta de salida del edificio la escalera puede carecer de compartimentación cuando esté situada en un *sector de riesgo mínimo*.

- 3 En la planta de salida del edificio, la longitud del recorrido desde la puerta de salida del recinto de la escalera hasta una *salida de edificio* no debe exceder de 15 m, excepto cuando dicho recorrido se realice por un *sector de riesgo mínimo*, en cuyo caso dicha longitud podrá ser la que con carácter general se admite para cualquier *origen de evacuación* de dicho sector.
- 4 El recinto cuenta con protección frente al humo, mediante una de las siguientes opciones:
 - a) Ventilación natural mediante ventanas practicables o huecos abiertos al exterior con una superficie de ventilación de al menos 1 m^2 en cada planta.
 - b) Ventilación mediante conductos independientes de entrada y de salida de aire, dispuestos exclusivamente para esta función y que cumplen las condiciones siguientes:

- la superficie de la sección útil total es de 50 cm² por cada m³ de recinto, tanto para la entrada como para la salida de aire; cuando se utilicen conductos rectangulares, la relación entre los lados mayor y menor no es mayor que 4;
 - las rejillas tienen una sección útil de igual superficie y relación máxima entre sus lados que el conducto al que están conectadas;
 - en cada planta, las rejillas de entrada de aire están situadas a una altura del suelo menor que 1 m y las de salida de aire enfrentadas a las anteriores y a una altura mayor que 1,80 m.
- c) *sistema de presión diferencial.*

Espacio exterior seguro

Es aquel en el que se puede dar por finalizada la evacuación de los ocupantes del edificio, debido a que cumple las siguientes condiciones:

- 1 Permite la dispersión de los ocupantes que abandonan el edificio, en condiciones de seguridad.
- 2 Se puede considerar que dicha condición se cumple cuando el espacio exterior tiene, delante de cada *salida de edificio* que comunique con él, una superficie de al menos 0,5P m² dentro de la zona delimitada con un radio 0,1P m de distancia desde la *salida de edificio*, siendo P el número de ocupantes cuya evacuación esté prevista por dicha *salida*. Cuando P no exceda de 50 personas no es necesario comprobar dicha condición.
- 3 Si el espacio considerado no está comunicado con la red viaria o con otros espacios abiertos no puede considerarse ninguna zona situada a menos de 15 m del edificio, excepto cuando esté dividido en *sectores de incendio* estructuralmente independientes entre sí y con salidas también independientes al espacio exterior, en cuyo caso dicha distancia se podrá aplicar únicamente respecto del *sector* afectado por un posible incendio.
- 4 Permite una amplia disipación del calor, del humo y de los gases producidos por el incendio.
- 5 Permite el acceso de los efectivos de bomberos y de los medios de ayuda a los ocupantes que, en cada caso, se consideren necesarios.
- 6 La cubierta de un edificio se puede considerar como *espacio exterior seguro* siempre que, además de cumplir las condiciones anteriores, su estructura sea totalmente independiente de la del edificio con salida a dicho espacio y un incendio no pueda afectar simultáneamente a ambos.

Establecimiento

Zona de un edificio destinada a ser utilizada bajo una titularidad diferenciada, bajo un régimen no subsidiario respecto del resto del edificio y cuyo proyecto de obras de construcción o reforma, así como el inicio de la actividad prevista, sean objeto de control administrativo.

Ignición simultánea de toda la carga de fuego existente en un *sector de incendio* (UNE EN 1991-2-2:1998).

Fuego de cálculo

Desarrollo de fuego específico adoptado a efectos de cálculo (UNE EN 1991-2-2:1998).

Fuego totalmente desarrollado

Estado en el que todas las superficies combustibles existentes en un determinado espacio participan en el fuego (UNE EN 1991-2-2:1998).

Fuego localizado

Fuego que sólo afecta a una zona limitada de la carga de fuego del sector de incendio (UNE EN 1991-2-2:1998).

Garaje abierto

Es aquel que cumple las siguientes condiciones:

- a) sus fachadas presentan en cada planta un área total permanentemente abierta al exterior no inferior a 1/20 de su superficie construida, de la cual al menos 1/40 está distribuida de manera uniforme entre las dos paredes opuestas que se encuentren a menor distancia;

- b) la distancia desde el borde superior de las aberturas hasta el techo no excede de 0,5 metros.

Generación de calor

Cantidad de calor generado por un incendio en kW y que se usa como uno de los datos de entrada por los diferentes métodos de cálculo de las propiedades de los humos.

Instalación de alarma

Instalación que hace posible la transmisión de una señal de alarma a los ocupantes del edificio, activándose desde lugares de acceso restringido, para que únicamente puedan ponerla en funcionamiento las personas que tengan esta responsabilidad.

Instalación de detección y alarma

Instalación que hace posible la transmisión de una señal (automáticamente mediante detectores o manualmente mediante pulsadores) desde el lugar en que se produce el incendio hasta una central vigilada, así como la posterior transmisión de la alarma desde dicha central a los ocupantes, pudiendo activarse dicha alarma automática y manualmente.

Modelo de una zona

Modelo de fuego en el que la temperatura se supone constante en todo el sector de incendio (UNE EN 1991-2-2:1998).

Modelo informático de dinámica de fluidos

Modelo de fuego que permite resolver numéricamente las ecuaciones diferenciales parciales que relacionan a las variables termodinámicas y aerodinámicas de cada punto del sector de incendio considerado (UNE EN 1991-2-2:1998).

Origen de evacuación

Es todo punto ocupable de un edificio, exceptuando el interior de las viviendas, así como de todo aquel recinto, o de varios comunicados entre sí, en los que la densidad de ocupación no exceda de 1 persona/10 m² y cuya superficie total no exceda de 50 m², como pueden ser las habitaciones de hotel, residencia u hospital, los despachos de oficinas, etc.

Los puntos ocupables de los locales de riesgo especial y de las *zonas de ocupación nula* se considerarán como orígenes de evacuación.

Pasillo protegido

Pasillo que, en caso de incendio, constituye un recinto suficientemente seguro para permitir que los ocupantes puedan permanecer en el mismo durante un determinado tiempo. Para ello dicho recinto debe reunir, además de las condiciones de seguridad de utilización exigibles a todo pasillo (véase DB SU 1 y 2) unas condiciones de seguridad equivalentes a las de una escalera protegida.

Si su ventilación es mediante ventanas o huecos, la superficie de ventilación de éstos debe ser como mínimo 0,2L m², siendo L la longitud del pasillo en m. Si dispone de conductos de entrada y de salida de aire, las rejillas de entrada de aire deben estar situadas en un paramento del pasillo, a una altura menor que 1 m y las de salida en el otro paramento, a una altura mayor que 1,80 m y separadas de las anteriores 10 m como máximo.

El pasillo debe tener un trazado continuo que permita circular por él hasta una *escalera protegida* o hasta una *salida del edificio*.

Recorrido de evacuación

Recorrido que conduce desde un origen de evacuación hasta una salida de planta o hasta una salida de edificio.

La longitud de los recorridos por pasillos, escaleras y rampas, se medirá sobre el eje de los mismos. No se consideran válidos los recorridos por escaleras mecánicas, ni aquellos en los que existan tornos u otros elementos que puedan dificultar el paso. Los recorridos por rampas y pasillos móviles

se consideran válidos cuando no sea posible su utilización por personas que trasladen carros para el transporte de objetos y estén provistos de un dispositivo de parada que pueda activarse, o bien manualmente, bien automáticamente por un sistema de detección y alarma.

Los recorridos que tengan su origen en zonas habitables no pueden atravesar las zonas de riesgo especial definidas en SI 1.2, ni los garajes o aparcamientos.

En uso Garaje o Aparcamiento los recorridos de evacuación deben discurrir por las calles de circulación de vehículos, o bien por pasillos reservados para la circulación de personas, de al menos 0,80 m de ancho, marcados en el suelo de forma clara y permanente y delimitados mediante elementos que impidan su ocupación por los vehículos.

En establecimientos de uso Comercial cuya superficie construida exceda de 400 m², los recorridos de evacuación deben transcurrir, excepto en sus diez primeros metros, por pasillos definidos en proyecto, delimitados por elementos fijos o bien señalizados en el suelo de forma clara y permanente y cuyos tramos comprendidos entre otros pasillos transversales no excedan de 20 m.

Excepto en zonas ocupadas únicamente por personal de mantenimiento o de control de servicios, no se consideran válidos los recorridos de evacuación que precisen salvar, en sentido ascendente, una altura mayor que la indicada en la tabla que se incluye a continuación, bien en la totalidad del recorrido de evacuación hasta el espacio exterior seguro, o bien en alguno de sus tramos.

| Uso y zona | Máxima altura salvada |
|---|-----------------------|
| En general, exceptuando los casos que se indican a continuación | 4 m ⁽¹⁾ |
| Hospitalario hospitalización o tratamiento intensivo | 2 m ⁽²⁾ |
| Docente escuela infantil | 1 m |
| enseñanza primaria | 2 m |
| Administrativo zonas de seguridad ⁽³⁾ | 6 m |
| Otros | |

(1) Esta limitación no es aplicable:

- cuando se trate de una primera planta bajo rasante
- en recintos de gran volumen en los que no sea previsible la confluencia de la evacuación con el sentido ascendente de los humos, debido a la configuración de dichos recintos y a las posibilidades de una rápida eliminación.

(2) No se limita en zonas de tratamiento intensivo con radioterapia.

(3) Siempre que cuenten como mínimo con dos salidas de planta y al menos una de ellas consista en una puerta que dé acceso a otro sector en la misma planta, a una escalera protegida, a un pasillo protegido o a un vestíbulo de independencia.

Recorridos de evacuación alternativos

Se considera que dos recorridos de evacuación que conducen desde un origen de evacuación hasta dos salidas de planta o de edificio diferentes son alternativos cuando en dicho origen forman entre sí un ángulo mayor que 45° o bien están separados por elementos constructivos que sean EI-30 (RF-30) e impidan que ambos recorridos puedan quedar simultáneamente bloqueados por el humo

Resistencia al fuego

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 y/o el aislamiento térmico en los términos especificados en el ensayo normalizado correspondiente (DPC - DI2)

Salida de planta

Es alguno de los siguientes elementos:

- 1 El arranque de una escalera abierta que conduzca a una planta de salida del edificio, siempre que no tenga un ojo o hueco central con un área en planta mayor que 1,30 m². Sin embargo, cuando la planta esté comunicada con otras por huecos diferentes de los de las escaleras, el arranque de escalera antes citado no puede considerarse salida de planta.
- 2 Una puerta de acceso a una escalera protegida, a un pasillo protegido o a un vestíbulo de independencia de una escalera especialmente protegida, con capacidad suficiente y que conduzca a una salida de edificio.

3 Cuando se trate de una salida de planta desde una zona de hospitalización o de tratamiento intensivo, dichos elementos deben tener una superficie de al menos de 0,70 m² o 1,50 m², respectivamente, por cada ocupante. En el caso de escaleras, dicha superficie se refiere a la del rellano de la planta considerada, admitiéndose su utilización para actividades de escaso riesgo, como salas de espera, etc.

4 Una puerta de paso, a través de un vestíbulo de independencia, a un sector de incendio diferente que exista en la misma planta, siempre que:

- el sector inicial tenga otra *salida de planta* que no conduzca al mismo sector alternativo.
- el sector alternativo tenga una superficie en zonas de circulación suficiente para albergar a los ocupantes del sector inicial, a razón de 0,5 m²/pers, considerando únicamente los puntos situados a menos de 30 m de recorrido desde el acceso al sector. En uso Hospitalario dicha superficie se determina conforme a los criterios indicados en el apartado b) anterior
- la evacuación del sector alternativo no confluya con la del sector inicial en ningún otro sector del edificio, excepto cuando lo haga en un sector de riesgo mínimo.

5 En uso Hospitalario:

- Una puerta de paso desde una zona de hospitalización a otro *sector de incendio*, cuando el espacio al que se accede tenga una superficie suficiente para albergar a los ocupantes del sector inicial, a razón de 0,70 m² por persona. Cuando la puerta sea de paso desde una zona de tratamiento intensivo, la superficie será al menos de 1,50 m² por persona.
- Una puerta de paso desde una zona de hospitalización o de tratamiento intensivo a una *escalera protegida*, a un *pasillo protegido*, o a un vestíbulo de independencia, siempre que dichos elementos tengan una superficie al menos igual que la calculada conforme a los criterios expuestos en el párrafo anterior. En el caso de escaleras, dicha superficie se refiere a la del rellano de la planta considerada, admitiéndose su utilización para actividades de escaso riesgo, como salas de espera, etc.

6 Una salida de edificio.

Salida de edificio

Puerta o hueco de salida a un *espacio exterior seguro*.

En el caso de *establecimientos* situados en áreas consolidadas y cuya ocupación no exceda de 500 personas puede admitirse como salida de edificio aquella que comunique con un espacio exterior que disponga de dos recorridos alternativos que no excedan de 50 m hasta dos *espacios exteriores seguros*.

Salida de emergencia

Salida de planta o *de edificio* prevista para ser utilizada exclusivamente en caso de emergencia y que está señalizada de acuerdo con ello.

Sector de incendio

Espacio de un edificio separado de otras partes del mismo por elementos constructivos delimitadores resistentes al fuego durante un período de tiempo determinado, en el interior del cual se puede confinar (o excluir) el incendio para que no se pueda propagar a (o desde) otra parte del edificio. (DPC - DI2)

Sector de riesgo mínimo

Sector de incendio que cumple las siguientes condiciones:

- Está destinado exclusivamente a circulación.
- La *densidad de carga de fuego* no excede de 40 MJ/m² en el conjunto del sector, ni de 50 MJ/m² en cualquiera de los recintos contenidos en el sector, considerando la carga de fuego aportada, tanto por los elementos constructivos, como por el contenido propio de la actividad.
- Está *separado* de cualquier otra zona del edificio que no tenga la consideración de *sector de riesgo mínimo* mediante elementos cuya resistencia al fuego sea EI 120 (RF-120) y la comunicación con dichas zonas se realiza a través de *vestíbulos de independencia*.

Sistema de presión diferencial

Sistema de ventiladores, conductos, aberturas y otros elementos característicos previstos con el propósito de generar una presión más baja en la zona del incendio que en el espacio protegido (CR 12101-5:2000).

Tiempo equivalente de exposición al fuego

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 1991-2:1998)

Uso Administrativo

Edificio, establecimiento o zona en la que se desarrollan actividades de gestión o de servicios en cualquiera de sus modalidades, como por ejemplo, centros de la administración pública, bancos, despachos profesionales, oficinas técnicas, etc.

También se consideran de este uso los establecimientos destinados a otras actividades, cuando sus características constructivas y funcionales, el riesgo derivado de la actividad y las características de los ocupantes se puedan asimilar a este uso mejor que a cualquier otro. Como ejemplo de dicha asimilación pueden citarse los consultorios, los centros de análisis clínicos, los ambulatorios, los centros docentes en régimen de seminario, etc.

Las zonas de un establecimiento de uso Administrativo destinadas a otras actividades subsidiarias de la principal, tales como cafeterías, comedores, salones de actos, etc., deben cumplir las condiciones relativas a su uso.

Uso Comercial

Edificio o establecimiento cuya actividad principal es la venta de productos directamente al público o la prestación de servicios relacionados con los mismos, incluyendo, tanto las tiendas y a los grandes almacenes, los cuales suelen constituir un único establecimiento con un único titular, como los centros comerciales, los mercados, las galerías comerciales, etc..

También se consideran de uso Comercial aquellos establecimientos en los que se prestan directamente al público determinados servicios no necesariamente relacionados con la venta de productos, pero cuyas características constructivas y funcionales, las del riesgo derivado de la actividad y las de los ocupantes se puedan asimilar más a las propias de este uso que a las de cualquier otro. Como ejemplos de dicha asimilación pueden citarse las lavanderías, los salones de peluquería, etc.

Uso Docente

Edificio, establecimiento o zona destinada a docencia, en cualquiera de sus niveles: escuelas infantiles, centros de enseñanza primaria, secundaria, universitaria o formación profesional. No obstante, los establecimientos docentes que no tengan la característica propia de este uso (básicamente, el predominio de actividades en aulas de elevada densidad de ocupación) deben asimilarse a otros usos.

Las zonas de un establecimiento de uso Docente destinadas a actividades subsidiarias de la principal, como cafeterías, comedores, salones de actos, administración, residencia, etc., deben cumplir las condiciones relativas a su uso.

Uso Garaje Aparcamiento

Edificio, establecimiento o zona destinada a estacionamiento de vehículos y cuya superficie construida exceda de 100 m², incluyendo las dedicadas a revisiones tales como lavado, puesta a punto, montaje de accesorios, comprobación de neumáticos y faros, etc., que no requieran la manipulación de productos o de útiles de trabajo que puedan presentar riesgo adicional y que se produce habitualmente en la reparación propiamente dicha.

Los talleres de reparación y los estacionamientos de vehículos destinados al transporte de personas o de mercancías se regulan por el "Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales".

Uso Hospitalario

Edificio o establecimiento destinado a asistencia sanitaria con hospitalización de 24 horas y que está ocupados por personas que, en su mayoría, son incapaces de cuidarse por sí mismas, tales como hospitales, clínicas, sanatorios, etc.

Las zonas de dichos edificios o establecimientos destinadas a asistencia sanitaria de carácter ambulatorio (despachos médicos, consultas, áreas destinadas al diagnóstico y tratamiento, etc.) así como a los centros con dicho carácter en exclusiva, deben cumplir las condiciones correspondientes al uso Administrativo.

Las zonas destinadas a usos subsidiarios de la actividad sanitaria, tales como oficinas, salones de actos, cafeterías, comedores, capillas, áreas de residencia del personal o habitaciones para médicos de guardia, aulas, etc., deben cumplir las condiciones relativas a su uso.

Uso Pública Concurrencia

Edificio o establecimiento destinado a espectáculos, reunión, restauración, exposición, actividades culturales o deportivas, culto religioso o transporte de personas.

Las zonas de un establecimiento de pública concurrencia destinadas a usos subsidiarios, tales como oficinas, garaje, alojamiento, etc., deben cumplir las condiciones relativas a su uso.

Uso Residencial

Edificio o establecimiento destinado a proporcionar alojamiento temporal, regentado por un titular de la actividad diferente del conjunto de los ocupantes y que puede disponer de servicios comunes, tales como limpieza, comedor, lavandería, locales para reuniones y espectáculos, deportes, etc. Incluye a los hoteles, hostales, residencias, pensiones, apartamentos turísticos, etc.

Las zonas de los establecimientos de uso Residencial destinadas a otras actividades subsidiarias de la principal, como cafetería, restaurante, salones de actos, locales para juegos o espectáculos, etc., deben cumplir las condiciones relativas a su uso.

Uso Vivienda

Edificio o zona destinado a alojamiento permanente, cualquiera que sea el tipo de edificio: vivienda unifamiliar, edificio de pisos o de apartamentos, etc.

Ventilación forzada

Extracción de humos mediante el uso de ventiladores.

Ventilación natural

Extracción de humos basada en la fuerza ascensional de éstos debida a la diferencia de densidades entre masas de aire a diferentes temperaturas.

Vestíbulo de independencia

Recinto de uso exclusivo para circulación que únicamente tiene comunicación directa con espacios generales de circulación, aparatos elevadores, aseos y con los locales que deban disponer de dicho vestíbulo. La distancia mínima entre los contornos de las superficies barridas por las puertas del vestíbulo debe ser al menos igual a 0,50 m.

Los vestíbulos de independencia de las escaleras especialmente protegidas estarán ventilados conforme a alguna de las alternativas establecidas para éstas. Los vestíbulos de independencia que sirvan a uno o a varios locales de riesgo especial a los que hace referencia el apartado 2 de la Sección SI 2 o una zona de uso Garaje no pueden ser utilizados en los *recorridos de evacuación* de locales o zonas diferentes de los citados.

En uso Hospitalario, cuando esté prevista la evacuación de zonas de hospitalización o de tratamiento intensivo a través de un vestíbulo de independencia, la distancia entre las dos puertas que deben atravesarse consecutivamente en la evacuación será de 3,5 m como mínimo.

Las puertas que den acceso desde una zona de uso Garaje o Aparcamiento a un vestíbulo de independencia deben abrir hacia el interior del vestíbulo.

Zona de ocupación nula

Zona cuya ocupación tenga lugar de forma ocasional, o bien a efectos de mantenimiento, tales como salas de máquinas y cuartos de instalaciones, locales para material de limpieza, determinados almacenes y archivos, aseos de planta, trasteros de viviendas, etc.

Los puntos de dichas zonas deben cumplir los límites que se establecen para la longitud de los recorridos de evacuación hasta las salidas de las mismas (cuando se trate de zonas de riesgo especial) o de la planta, pero no es preciso tomarlos en consideración a efectos de determinar la altura de evacuación de un edificio o el número de ocupantes.

Anejo B *Tiempo equivalente de exposición al fuego*

B.1 Generalidades

- 1 En el apartado 3 del SI 6 se fija una *duración de incendio* para el cálculo de la resistencia estructural por usos y *altura de evacuación* del edificio. Este anejo establece la expresión para la obtención del *tiempo equivalente de exposición al fuego* que, según se indica en los apartados 1 y 2 del SI 6, puede ser utilizada como alternativa de esa duración. El tiempo equivalente se obtiene teniendo en cuenta un mayor número de características geométricas y térmicas del sector y del *valor de cálculo de la carga de fuego*. Este valor de la *carga de fuego* se obtiene multiplicando el valor característico por unos coeficientes que dependen de las características del sector, dados en distintas tablas. El *valor característico de la densidad de carga de fuego* por usos pueden obtenerse de la tabla B.6.
- 2 En este anejo se indica también la expresión de la *curva tiempo-temperatura* de fuego normalizado definida en la norma UNE EN 1363:2000 y que es utilizada como curva de fuego en los métodos de obtención de resistencias dados en este DB SI. Otras curvas de fuego nominales se indican en el Eurocódigo UNE ENV 1991-2-2:1998.

B.2 Curva tiempo-temperatura de fuego normalizado

- 1 La *curva tiempo-temperatura* de fuego normalizado es la curva nominal definida en la norma UNE EN 1363:2000 para representar un modelo de *fuego totalmente desarrollado* en un *sector de incendio*.

Está definida por la expresión:

$$\Theta_g = 20 + 345 \log_{10} (8 t + 1) \quad [^{\circ}\text{C}]; \quad (\text{B.1})$$

siendo:

$$\Theta_g \quad \text{temperatura del gas en el sector} \quad [^{\circ}\text{C}];$$

$$t \quad \text{tiempo desde la iniciación del incendio} \quad [\text{min}].$$

B.3 Tiempo equivalente de exposición al fuego

- 1 El *tiempo equivalente de exposición al fuego* es el tiempo de exposición a la *curva tiempo-temperatura* de fuego normalizado que se supone que tiene un efecto térmico igual al de un incendio real en el *sector de incendio* considerado. Para elementos estructurales de hormigón armado o acero, se debe obtener según la expresión siguiente:

$$t_{e,d} = (q_{f,d} \cdot k_b \cdot w_f) \cdot k_c \quad [\text{min}] \quad (\text{B.2})$$

siendo:

$$q_{f,d} \quad \text{valor de cálculo de la densidad de carga de fuego en función de la superficie del suelo del sector, obtenida según el apartado 4;} \quad [\text{MJ/m}^2]$$

$$k_b \quad \text{coeficiente de conversión en función de las propiedades térmicas de la envolvente del sector;} \quad [\text{min} \cdot \text{m}^2 / \text{MJ}]$$

$$w_f \quad \text{coeficiente de ventilación en función de la superficie del sector} \quad [-]$$

$$k_c \quad \text{coeficiente de corrección según el material estructural, (Tabla B.1)} \quad [-]$$

El valor del **coeficiente de conversión** k_b puede tomarse del lado de la seguridad igual a 0,07. Pueden obtenerse valores más precisos según se indica en el Anejo F de la norma UNE ENV 1991-2-2:1998.

El coeficiente de ventilación w_f se debe calcular como:

$$w_f = (6/H)^{0.3} \cdot [0,62 + 90(0,4 - \alpha_v)^4 / (1 + b_v \alpha_h)] \geq 0,5 \quad [-] \quad (B.3)$$

siendo:

$\alpha_v = A_v/A_f$ es la relación entre la superficie de las aberturas en fachada y la superficie del suelo del sector, con los límites $0,025 < \alpha_v < 0,25$. (B.4)

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

$$b_v = 12,5 (1 + 10 \alpha_v - \alpha_v^2) \geq 10 \quad (B.5)$$

H altura del *sector de incendio* [m]

Para sectores pequeños ($A_f < 100 \text{ m}^2$), sin aberturas en el techo, el coeficiente w_f puede ser calculado aproximadamente como:

$$w_f = O^{-1/2} \cdot A_f/A_t \quad (B.6)$$

siendo:

$O = A_v \sqrt{h} / A_t$ coeficiente de aberturas con los límites $0,02 \leq O \leq 0,20$, [m^{1/2}];

A_t superficie total de la envolvente del sector (paredes, suelo y techo), incluyendo aberturas, [m²].

Los valores del **coeficiente de corrección** k_c se toman de la siguiente tabla:

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 · O |

B.4 Valor de cálculo de la densidad de carga de fuego

- 1 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 y de las consecuencias y probabilidad de activación del incendio, como:

$$q_{f,d} = q_{f,k} m \delta_{q1} \delta_{q2} \delta_n \delta_c \quad (B.7)$$

siendo:

$q_{f,k}$ valor característico de la *densidad de carga de fuego* por unidad de superficie del sector

m coeficiente de combustión: fracción del combustible que arde en el incendio;

δ_{q1} coeficiente que tiene en cuenta el riesgo de iniciación debido al tamaño del sector,

δ_{q2} 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 existentes, $\delta_n = \delta_{n,1} \delta_{n,2} \delta_{n,3}$

δ_c coeficiente de corrección según las consecuencias del incendio, Tabla B.5.

- 2 El valor característico de la *densidad de carga de fuego*, $q_{f,k}$, se obtiene sumando el valor característico de las cargas de fuego permanentes, estimado por su valor promedio o esperado, y el valor característico de las cargas de fuego variables, estimado como el valor que sólo es sobrepasado en un 20% de los casos.

- 3 Las cargas de fuego permanentes corresponden a los revestimientos y otros elementos combustibles permanentes incluidos en proyecto. Pueden obtenerse teniendo en cuenta las cargas garantizadas por el fabricante o las estimadas a partir de las dadas en el Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- 4 Las cargas de fuego variables pueden establecerse según usos y obtenerse en la tabla B.6 o evaluarse individualmente según se indica en la norma UNE ENV 1991-2-2: 1998, teniéndose en cuenta, por ejemplo, las cargas protegidas.
- 5 Para actividades específicas cuya carga difiera sensiblemente de la dada en la tabla B.6 pueden utilizarse las dadas en el citado Reglamento, teniendo en cuenta que el valor característico debe obtenerse multiplicando el valor medio, q_s , que se da en él, por 1,6.
- 6 Generalmente el material incendiado es de tipo celulósico como: madera, papel, tejidos, etc. En estos casos se puede tomar $m = 0,8$. Cuando sea otro tipo de material y no se conozca su coeficiente de combustión puede tomarse del lado de la seguridad $m=1$.
- 7 Los valores de δ_{q1} se dan en la siguiente tabla. Valores intermedios pueden obtenerse por interpolación lineal.

Tabla B.2. Valores del coeficiente δ_{q1} por el riesgo de iniciación debido al tamaño del sector

| Superficie del sector A_f [m ²] | Riesgo de iniciación δ_{q1} |
|---|------------------------------------|
| <20 | 1,00 |
| 25 | 1,10 |
| 250 | 1,50 |
| 2 500 | 1,90 |
| 5 000 | 2,00 |
| >10 000 | 2,13 |

- 8 Los valores de δ_{q2} pueden obtenerse de la tabla B.3.

Tabla B.3. Valores del coeficiente δ_{q2} por el riesgo de iniciación debido al uso o actividad

| Actividad | Riesgo de iniciación δ_{q2} |
|--|------------------------------------|
| Usos: Vivienda, Administrativo, Residencial, Docente Uso Comercial, Garaje, Hospitalario. | 1,00 |
| Sectores de riesgo especial bajo | 1,25 |
| Sectores de riesgo especial medio | 1,40 |
| Sectores de riesgo especial alto | 1,60 |

Tabla B.4. Valores de los coeficientes $\delta_{n,i}$ 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 |

- 9 Los valores de δ_c pueden obtenerse de la tabla B.5.
- 10 En el caso de edificios de especial trascendencia que no sea admisible que quede fuera de servicio o se puedan originar un número elevado de víctimas, como en el caso de hospitales, los valores indicados deben ser multiplicados por 1,5.

Tabla B.5.

Valores de δ_c por las posibles consecuencias del incendio, según altura de evacuación del edificio

| Altura de evacuación | δ_c |
|---|------------|
| Edificios con altura de evacuación descendente de más de 28m o ascendente de más de una planta. | 2,0 |
| Edificios con altura de evacuación descendente entre 15 y 28 m o ascendente hasta 2,8m. Garajes bajo otros usos. | 1,5 |
| Edificios con altura de evacuación descendente de menos 15m | 1,0 |

C.4.1 Valor característico de la *carga de fuego* por usos

- 1 Si no existen datos específicos, y para zonas que no presenten acumulaciones de carga mayores de las generales para el uso (por ejemplo, zonas de almacenamiento o archivo de papel o libros en cualquier uso)⁽¹⁾, pueden adoptarse los siguientes valores característicos para las *densidad de carga de fuego*, según los usos de los sectores:

Tabla B.6. Cargas de fuego características según uso

| | Valor característico, $q_{f,k}$ [MJ/m ²] |
|---------------------------------------|--|
| Comercial ⁽¹⁾ | 730 |
| Vivienda | 650 |
| Hospitalario / Residencial | 280 |
| Administrativo / Oficinas | 520 |
| Docente | 350 |
| Pública concurrencia (teatros, cines) | 365 |
| Garaje | 280 |

⁽¹⁾ Para locales comerciales el valor indicado es el mínimo que se debe considerar, si no es previsible un uso con *carga de fuego* especialmente elevada.

⁽¹⁾ Cargas de fuego promedio para algunas actividades especiales, así como de usos Comerciales y Almacenes se indican en el "Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales". El valor característico puede obtenerse multiplicando dicho valor por 1,6.

Anejo C Resistencia al fuego de las estructuras de hormigón armado

C.1 Generalidades

- 1 En este anejo se establecen métodos simplificados y tablas de especificaciones que permiten determinar la *resistencia al fuego* según curva estándar de las estructuras de hormigón.
- 2 Los elementos estructurales deben diseñarse de forma que el desconchado (*spalling*) del hormigón, el fallo por anclaje o por pérdida de capacidad de giro, tengan una menor probabilidad de aparición que el fallo por flexión, por esfuerzo cortante o por cargas axiales.

C.2 Tablas de especificaciones

C.2.1 Generalidades

- 1 Se considera que un elemento de una estructura tiene *resistencia al fuego* estándar suficiente, si se cumplen los requisitos que se especifican en las tablas y cláusulas siguientes, en función de las dimensiones del elemento estructural y de la distancia al eje equivalente mínima.
- 2 Para el uso de las tablas se define como distancia al eje equivalente a_m , a efectos de *resistencia al fuego*, el valor.

$$a_m = \frac{\sum [A_{si} f_{yki} (a_{si} - \Delta a_{si})]}{\sum A_{si} f_{yki}} \quad (C.1)$$

- 3 En el caso de un elemento con todas las armaduras de igual tipo de acero, se aplicaría la expresión reducida

$$a_m = \frac{\sum a_{si}}{i} \quad (C.2)$$

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;

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. Pueden considerarse para Δa_{si} los valores siguientes (tabla C.1)

Tabla C.1. Valores de Δa_{si} (mm)

| μ_{fi} | Acero de armar | | Acero de pretensar | | | |
|------------|--|--------------------|--|----------|--------------------|----------|
| | Vigas ⁽¹⁾ , losas (forjados) y tirantes | Resto de los casos | Vigas ⁽¹⁾ , losas (forjados) y tirantes | | Resto de los casos | |
| | | | Barras | Alambres | Barras | Alambres |
| $\leq 0,4$ | -10 | | 0 | +5 | | |
| 0,5 | -5 | 0 | +5 | +10 | +10 | +15 |
| 0,6 | 0 | | +10 | +15 | | |

⁽¹⁾ En el caso de armaduras situadas en las esquinas de vigas con una sola capa de armadura se incrementarán los valores de Δa_{si} especificadas en la tabla 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.5.

siendo:

μ_{fi} coeficiente de sobredimensionado de la sección en estudio, definido en el apartado 6 del SI6.

Las correcciones para valores de μ_{fi} inferiores a 0,6 en vigas, losas y tirantes, sólo podrán considerarse cuando dichos elementos estén sometidos a cargas distribuidas de forma uniforme. Para valores intermedios se puede asumir una interpolación lineal.

- 4 Los valores dados en las tablas siguientes son aplicables a hormigones de densidad normal, confeccionados con áridos de naturaleza silíceo.
- 5 Cuando se empleen hormigones con áridos de naturaleza caliza, pueden admitirse las reducciones siguientes:

- a) en vigas y losas, un 10% tanto en las dimensiones mínimas de la sección recta como en los recubrimientos mecánicos equivalentes de las armaduras (a_m)
- b) en muros y pilares, no se admitirá reducción alguna.
- 6 En zonas traccionadas con recubrimientos del hormigón $c \geq 50$ mm debe disponerse una armadura de piel para prevenir el desprendimiento de dicho hormigón durante el periodo de *resistencia al fuego*. Dicha armadura consiste en un mallazo de distancias inferiores a 150 mm entre armaduras (en ambas direcciones), anclado regularmente en la masa de hormigón.

C.2.2 Soportes

- 1 Se considera que un soporte expuesto por más de una cara, tiene una resistencia determinada a fuego normalizado si cumple los requisitos que se especifican en la tabla C.2.

Tabla C.2. Soportes de hormigón estructural. Sección rectangular o circular

| Resistencia al fuego normalizado | Dimensión mínima b_{\min} / Distancia al eje equivalente mínima a_{\min} (mm) ⁽¹⁾ |
|----------------------------------|--|
| R-30 (EF-30) | 150 ⁽²⁾ /15 |
| R-60 (EF-60) | 200 ⁽²⁾ /20 |
| R-90 (EF-90) | 250/30 |
| R-120 (EF-120) | 250/40 |
| R-180 (EF-180) | 350/45 |
| R-240 (EF-240) | 400/50 |

⁽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

- 2 Cuando la armadura del pilar sea superior al 2% de la sección de hormigón, ésta se distribuirá en todas sus caras para tiempos de *resistencia al fuego* estándar exigidos superiores a 90 minutos. Esto no resulta necesario en zonas de solapo de armadura.

C.2.3 Muros

- 1 Se considera que un muro portante de hormigón estructural tiene una resistencia determinada al fuego normalizado si se cumplen los requisitos especificados en la tabla C.3.

Tabla C.3. Muros de hormigón estructural

| Resistencia al fuego normalizado | Espesor mínimo b_{\min} / Distancia al eje equivalente mínima a_{\min} (mm) ⁽¹⁾ | |
|----------------------------------|--|-------------------------------|
| | Muro expuesto por una cara | Muro expuesto por ambas caras |
| REI-30 (RF-30) | 100/15 | 120/15 |
| REI-60 (RF-60) | 120/15 | 140/15 |
| REI-90 (RF-90) | 140/20 | 160/25 |
| REI-120 (RFI-120) | 160/25 | 180/35 |
| REI-180 (RFI-180) | 200/40 | 250/45 |
| REI-240 (RF-240) | 250/50 | 300/50 |

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

C.2.4 Tirantes. Elementos sometidos a tracción

- 1 Se considera que un elemento de hormigón estructural sometido a tracción tiene una resistencia determinada al fuego normalizado si se cumplen los requisitos especificados en la tabla C.4 y en las cláusulas siguientes.

Tabla C.4. Elementos de hormigón estructural sometidos a tracción

| Resistencia al fuego normalizado | Dimensión mínima b_{\min} / Distancia al eje equivalente mínima a_{\min} (mm) ⁽¹⁾ |
|----------------------------------|--|
| R-30 (EF-30) | 80/25 |
| R-60 (EF-60) | 120/40 |
| R-90 (EF-90) | 150/55 |
| R-120 (EF-120) | 200/65 |
| R-180 (EF-180) | 240/80 |
| R-240 (EF-240) | 280/90 |

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

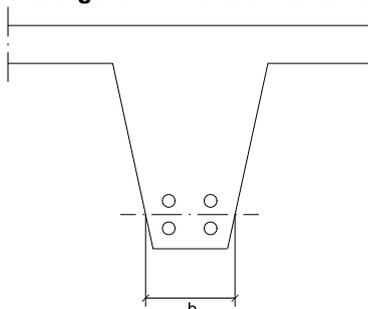
- 2 En cualquier caso, el área de la sección transversal del hormigón debe ser mayor o igual que $2(b_{\min})^2$, siendo b_{\min} la dimensión mínima indicada en la tabla.

- 3 Cuando la estructura soportada por el tirante sea sensible a su alargamiento por efecto del calor debido al fuego, se incrementarán los recubrimientos definidos en la tabla C.4 en 10 mm.

C.2.5 Vigas

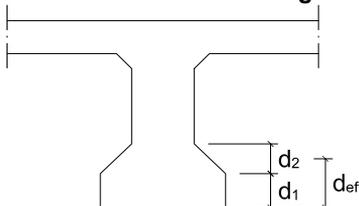
- 1 Se consideran vigas expuestas al fuego por tres caras aquellas en las que la cara superior está aislada debido al solado o a cualquier otro tipo de elemento que mantenga su función aislante durante todo el período de *resistencia al fuego*. En este caso son de aplicación los criterios del apartado C.2.5.1. En el resto de los casos las vigas se considerarán expuestas por sus cuatro caras y son de aplicación los criterios indicados en C.2.5.2.
- 2 Para vigas de sección de ancho variable, como ancho mínimo b ($b \geq b_{\min}$) se considerará el que existe a la altura del centro de gravedad mecánico de la armadura traccionada, según figura C.5.

Figura C.1. Viga de sección de ancho variable



- 3 Para vigas doble T, el canto del ala inferior deberá ser mayor que la dimensión mínima que se establezca como ancho mínimo. Cuando el canto del ala inferior sea variable se considerará, a los efectos de esta comprobación, el referido en la figura d_{eff} , con $d_{\text{eff}} = d_1 + 0,5d_2$.

Figura C.2. Canto efectivo en vigas doble T



C.2.5.1 Vigas con las tres caras expuestas al fuego

- 1 Se considera que una viga con tres caras expuestas al fuego tiene una resistencia determinada al fuego estándar si se cumplen los requisitos especificados en la tabla C.5 y en las cláusulas siguientes.

Tabla C.5. Vigas con las tres caras expuestas al fuego

| Resistencia al fuego normalizado | Dimensión mínima b_{\min} / Distancia al eje equivalente mínima a_{\min} (mm) ⁽¹⁾ | | | | Ancho mínimo del alma $b_{0,\min}$ (mm) |
|----------------------------------|--|--------|--------|--------|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| R-30 (EF-30) | 80/20 | 120/15 | 200/10 | - | 80 |
| R-60 (EF-60) | 100/30 | 150/25 | 200/20 | - | 100 |
| R-90 (EF-90) | 150/40 | 200/35 | 250/30 | 400/25 | 100 |
| R-120 (EF-120) | 200/50 | 250/45 | 300/40 | 500/35 | 120 |
| R-180 (EF-180) | 300/75 | 350/65 | 400/60 | 600/50 | 140 |
| R-240 (EF-240) | 400/75 | 500/70 | 700/60 | - | 160 |

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

- 2 Para *resistencia al fuego* determinada según la curva estándar R-90 (EF-90) o superior, la armadura de negativos en vigas continuas se prolongará hasta el 33% de la longitud del vano con una cuantía no inferior al 25% de la requerida en apoyos.
- 3 En una longitud igual a dos veces el canto total de la viga a cada lado de los soportes, el ancho del alma b_0 , no será inferior al ancho mínimo $b_{0,\min}$ indicado en la tabla C.5.

C.2.5.2 Vigas expuestas en todas sus caras

- 1 En este caso son de aplicación las dimensiones y recubrimientos mecánicos equivalentes mínimos establecidos en la tabla C.2.5.1.1. Asimismo, deberá verificarse que el área de la sección transversal de la viga no sea inferior a $2(b_{\min})^2$ siendo b_{\min} la dimensión mínima indicada en la tabla C.5.

C.2.6 Losas macizas

- 1 Se considera que una losa maciza de hormigón estructural tiene una resistencia determinada al fuego normalizado si se cumplen los requisitos especificados en la tabla C.6 y en las cláusulas siguientes.

Tabla C.6. Losas macizas

| Resistencia al fuego normalizado | Espesor mínimo h_{\min} (mm) | Distancia al eje equivalente mínima a_{\min} (mm) ⁽¹⁾ | Flexión en dos direcciones | |
|----------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|------------------------------------|
| | | | I_y/I_x ⁽²⁾ ≤ 1,5 | 1,5 < I_y/I_x ⁽²⁾ ≤ 2 |
| REI-30 (RF-30) | 60 | 10 | 10 | 10 |
| REI-60 (RF-60) | 80 | 20 | 10 | 20 |
| REI-90 (RF-90) | 100 | 25 | 15 | 25 |
| REI-120 (RF-120) | 120 | 35 | 20 | 30 |
| REI-180 (RF-180) | 150 | 50 | 30 | 40 |
| REI-240 (RF-240) | 175 | 60 | 50 | 50 |

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

⁽²⁾ I_x y I_y son las luces de la losa, siendo $I_y > I_x$.

- 2 Cuando de la losa se requiera sólo su función resistente (criterio R (EF)), el espesor será el necesario para cumplir con los requisitos de proyecto a temperatura ambiente. Si la losa debe cumplir con una función sectorizadora (criterios E e I (RF)) su espesor deberá ser mayor que el mínimo establecido en la tabla C.6. A estos efectos, podrá considerarse como espesor el solado o cualquier otro elemento que mantenga su función aislante durante todo el periodo de *resistencia al fuego*.
- 3 En las tablas, el valor de la distancia al eje equivalente a_{\min} se refiere a la armadura de la capa inferior.
- 4 Para losas macizas sobre apoyos continuos, en los casos de resistencias al fuego REI-90 (RF-90) o superiores según la curva estándar, la armadura de negativos deberá prolongarse un 33% de la longitud del vano con una cuantía no inferior a un 25% de la requerida en apoyos.
- 5 Para losas macizas sobre apoyos puntuales, en los casos de *resistencia al fuego* REI-90 (RF-90) o superiores según la curva estándar, el 20% de la armadura superior sobre soportes deberá prolongarse a lo largo de todo el vano. Esta armadura debe disponerse en la banda de soportes (véase EHE).

C.2.7 Losas nervadas con casetones recuperables

- 1 Se considera que una losa nervada bidireccional tiene una resistencia determinada al fuego normalizado si se cumplen los requisitos especificados en la tabla C.7 y en las cláusulas siguientes.
- 2 En caso de losa nervada unidireccional, se cumplirán los requisitos especificados en la tabla C.5.

Tabla C.7. Losas nervadas bidireccionales

| Resistencia al fuego normalizado | Ancho de nervio mínimo b_{\min} / Distancia al eje equivalente mínima a_{\min} (mm) ⁽¹⁾ | | | Espesor mínimo h_s (mm) de la losa superior de hormigón(h_0) |
|----------------------------------|--|--------|--------|--|
| | 1 | 2 | 3 | |
| R-30 (EF-30) | 80/20 | 120/15 | 200/10 | 60 |
| R-60 (EF-60) | 100/30 | 150/25 | 200/20 | 70 |
| R-90 (EF-90) | 120/40 | 200/30 | 250/25 | 80 |
| R-120 (EF-120) | 160/50 | 250/40 | 300/25 | 100 |
| R-180 (EF-180) | 200/70 | 300/60 | 400/55 | 120 |
| R-240 (EF-240) | 250/90 | 350/75 | 500/70 | 150 |

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

- 3 Cuando de la losa se requiera sólo su función resistente (criterio R), el espesor será el necesario para cumplir con los requisitos de proyecto a temperatura ambiente. Si la losa debe cumplir con una función separadora (criterios E e I) el espesor de la capa de compresión deberá ser mayor que el mínimo establecido en la tabla C.7. A estos efectos, podrá considerarse como espesor el solado o cualquier otro elemento que mantenga su función aislante durante todo el periodo de *resistencia al fuego*. En losas nervadas sobre apoyos puntuales, en los casos de *resistencia al fuego* según la cur-

va estándar R-90 (*EF-90*) o superiores, el 20% de la armadura superior sobre soportes se distribuirá en toda la longitud del vano, en la banda de soportes. (véase EHE, 2.2.4.2.). 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.

C.2.8 Forjados unidireccionales

- 1 Si los forjados disponen de elementos de entrevigado cerámicos o de hormigón y revestimiento inferior, para resistencias a fuego según la curva estándar inferiores o iguales a R-120 (*EF-120*) bastará con que se cumplan los valores de canto total y recubrimiento mecánico equivalente de las armaduras establecidos para losas macizas en la tabla C.7, pudiéndose contabilizar a efectos de este último los espesores equivalentes de enlucido con los criterios y condiciones indicados en el apartado C.2.9(2).
- 2 Para resistencias a fuego estándar superiores a R-120 (*EF-120*) deberán cumplirse las especificaciones establecidas para losas nervadas con bovedillas recuperables indicadas en el apartado C.2.7.
- 3 Si los elementos de entrevigado no son de cerámica ni de hormigón o no se ha dispuesto enlucido inferior deberán cumplirse las especificaciones establecidas para losas nervadas con bovedillas en el apartado C.2.7.
- 4 Para el espesor de la losa superior de hormigón, ancho de alma y ancho de nervio se podrán tener en cuenta los espesores del solado y de los casetones que mantengan su función aislante durante el periodo de *resistencia al fuego*, que puede admitirse igual a 120 minutos a falta de datos experimentales. En caso de bovedillas cerámicas pueden considerarse como espesores adicionales de hormigón equivalentes a dos veces el espesor real de la bovedilla.

C.2.9 Capas protectoras a fuego

- 1 La *resistencia al fuego* requerida puede ser obtenida mediante la aplicación de capas protectoras. Las propiedades y funcionamiento del material aislante que se use para las capas protectoras deben ser determinadas utilizando procedimientos de ensayo. Dichos ensayos deben confirmar que el material permanece coherente y cohesivo para todas las temperaturas y deformaciones previsibles, y debe proporcionar información sobre los siguientes aspectos:
 - a) distribución de temperaturas en la sección transversal de hormigón, en función de la duración del fuego y espesor de la capa protectora;
 - b) cuando sea posible, espesor equivalente de hormigón, en función de la duración del fuego;
 - c) propiedades térmicas del material en función de la temperatura.
- 2 No obstante, y aún a falta de datos experimentales, los revestimientos de yeso pueden considerarse como espesores adicionales de hormigón equivalentes a 1,8 veces su espesor real para duración de fuego según la curva estándar de hasta 120 minutos. En el caso de enlucidos aplicados bajo paramentos horizontales, como techos, para R-90 (*EF-90*) se recomienda que su puesta en obra se realice por proyección, mientras que para valores superiores a R-120 (*EF-120*) resulta necesario y además debe disponerse un armado interno no combustible firmemente unido a la vigueta. Estas especificaciones no son válidas para revestimientos con placas de yeso.

C.3 Método simplificado de la Isotherma 500

C.3.1 Campo de aplicación

- 1 Este método es aplicable a elementos de hormigón armado y pretensado, solicitados por esfuerzos de compresión, flexión o flexo-compresión.
- 2 Para poder aplicar este método las dimensiones mínimas de vigas o soportes, en función del tiempo de *resistencia al fuego* exigido, tendrán que ser superiores a los indicados en la tabla C.8.

Tabla C.8. Espesores mínimos de vigas y soportes

| Capacidad portante exigida | R-60 (<i>EF-60</i>) | R-90 (<i>EF-90</i>) | R-120 (<i>EF-120</i>) | R-180 (<i>EF-180</i>) | R-240 (<i>EF-240</i>) |
|---|--------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Dimensión mínima de la sección recta (mm) | 90 | 120 | 160 | 180 | 200 |

C.3.2 Determinación de la capacidad resistente de cálculo de la sección transversal

- 1 La comprobación de la capacidad portante de un elemento de hormigón armado se realiza por los métodos establecidos en la Instrucción EHE, considerando:
 - a) una sección reducida de hormigón, obtenida eliminando a efectos de cálculo para determinar la capacidad resistente de la sección transversal, las zonas que hayan alcanzado una temperatura superior a los 500°C durante el periodo de tiempo considerado;
 - b) que las características mecánicas del hormigón de la sección reducida no se ven afectadas por la temperatura, conservando sus valores iniciales en cuanto a la resistencia y módulo de elasticidad;
 - c) que las características mecánicas de las armaduras se reducen de acuerdo con la temperatura que hayan alcanzado durante el tiempo de *resistencia al fuego* considerado. Se considerarán todas las armaduras incluso aquéllas que queden situadas fuera de la sección transversal reducida de hormigón.

C.3.3 Reducción de características mecánicas en función de la temperatura

- 1 La resistencia de los materiales se reduce, en función de la temperatura que se alcance en cada punto, a la fracción de su valor característico siguiente:

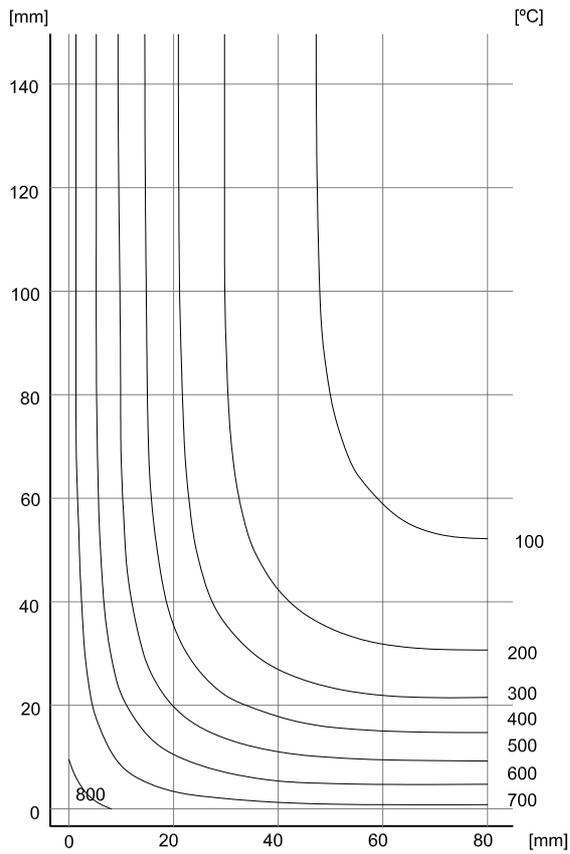
Tabla C.9. Valores de los parámetros de la relación tensión-deformación del hormigón y el acero

| Temperatura (°C) | | | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1200 |
|------------------|--------------------------|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Hormigón | $f_{c,\theta} / f_{ck}$ | Áridos calizos | 1,00 | 0,95 | 0,85 | 0,75 | 0,60 | 0,45 | 0,30 | 0,15 | 0,08 | 0,04 | 0,00 |
| | | Áridos silíceos | 1,00 | 0,97 | 0,91 | 0,85 | 0,74 | 0,60 | 0,43 | 0,27 | 0,15 | 0,06 | 0,00 |
| Acero | $f_{sy,\theta} / f_{yk}$ | Laminado en caliente | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,78 | 0,47 | 0,23 | 0,11 | 0,06 | 0,04 | 0,00 |
| | | Estirado en frío | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,94 | 0,67 | 0,40 | 0,12 | 0,11 | 0,08 | 0,05 | 0,00 |
| | Pretensar | Estirado en frío | 0,99 | 0,87 | 0,72 | 0,46 | 0,22 | 0,10 | 0,08 | 0,05 | 0,03 | 0,00 | 0,00 |
| | | Enfriado y templado | 0,98 | 0,92 | 0,86 | 0,69 | 0,26 | 0,21 | 0,15 | 0,09 | 0,04 | 0,00 | 0,00 |

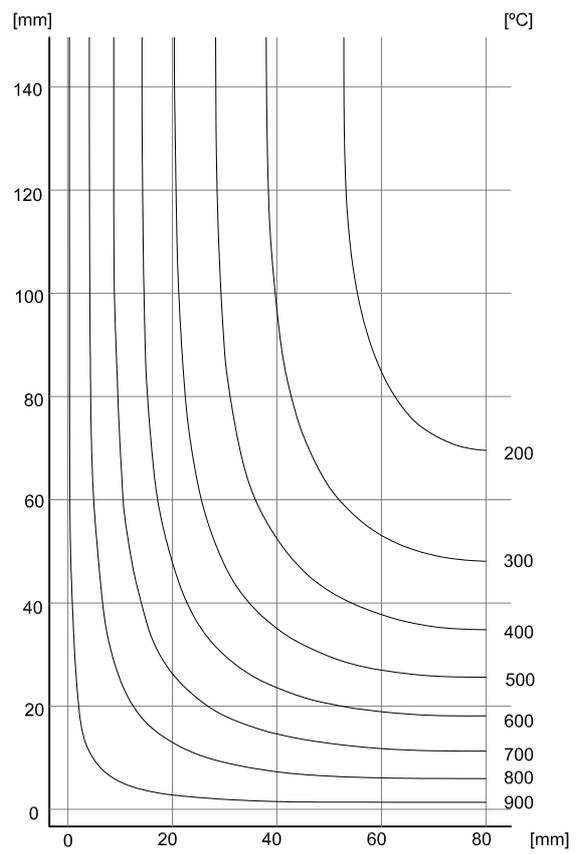
- 2 Como simplificación, del lado de la seguridad, puede suponerse que el hormigón mantiene toda su resistencia intacta en los puntos que no alcancen 500°C y la pierde por completo en los puntos que superen dicha temperatura.
- 3 Para el acero bastará considerar para cada armadura la temperatura en su centro.

C.3.4 Isotermas

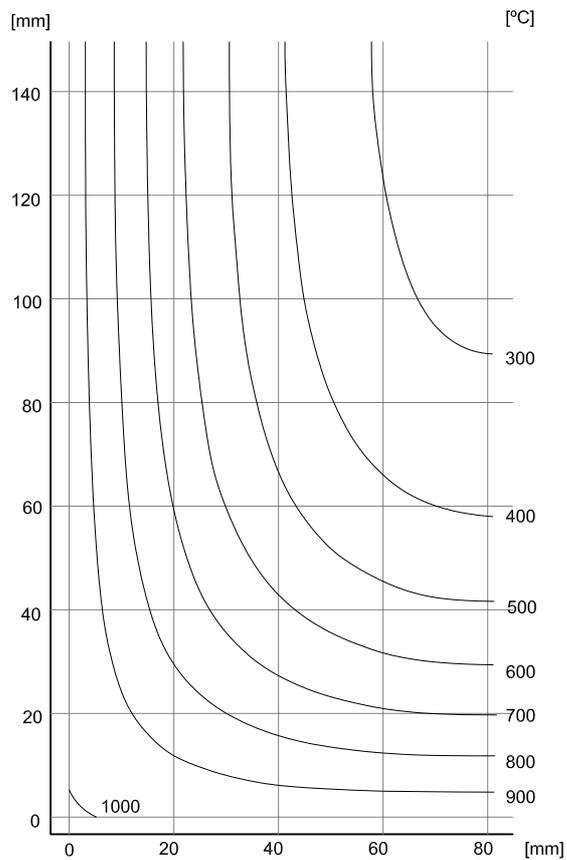
- 1 Para la utilización del método simplificado es necesario conocer las temperaturas en el interior de la sección transversal para evaluar la reducción de las características mecánicas de los materiales: hormigón y acero.
- 2 Las temperaturas en una estructura de hormigón expuesta al fuego, pueden obtenerse de forma experimental o analítica.
- 3 Los perfiles de temperatura dados en las gráficas pueden utilizarse para determinar las temperaturas en la sección recta con hormigones de áridos silíceos y expuestos a un fuego según la curva estándar hasta el instante de máxima temperatura del gas. Estos perfiles son conservadores para la mayor parte de tipos de áridos, pero no de forma generalizada para exposiciones a un fuego distinto del determinado según la curva estándar. Las figuras siguientes representan las isotermas para secciones de referencia y diversos tiempos de la *curva normalizada*, así como la forma y sección interior de la isoterma 500°C., considerando el recubrimiento mínimo de la armadura correspondiente a ambiente interior de edificios.



R-30



R-60



R-90

Figura C.3. Perfiles de Temperaturas para vigas $h \times b = 300 \times 160$ mm

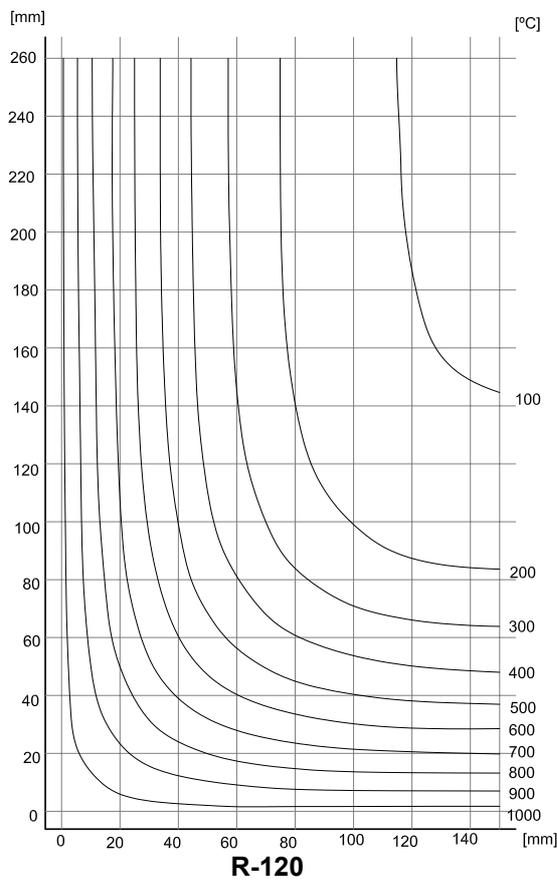
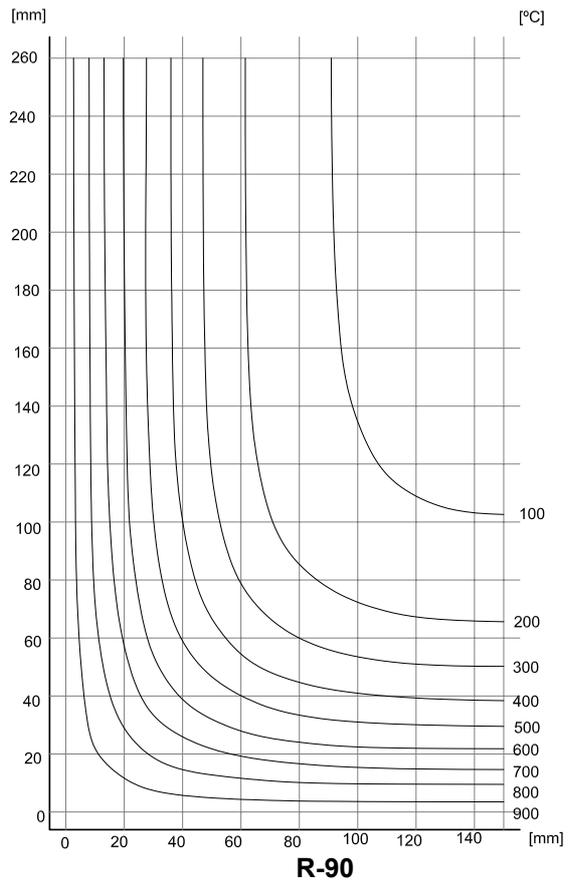
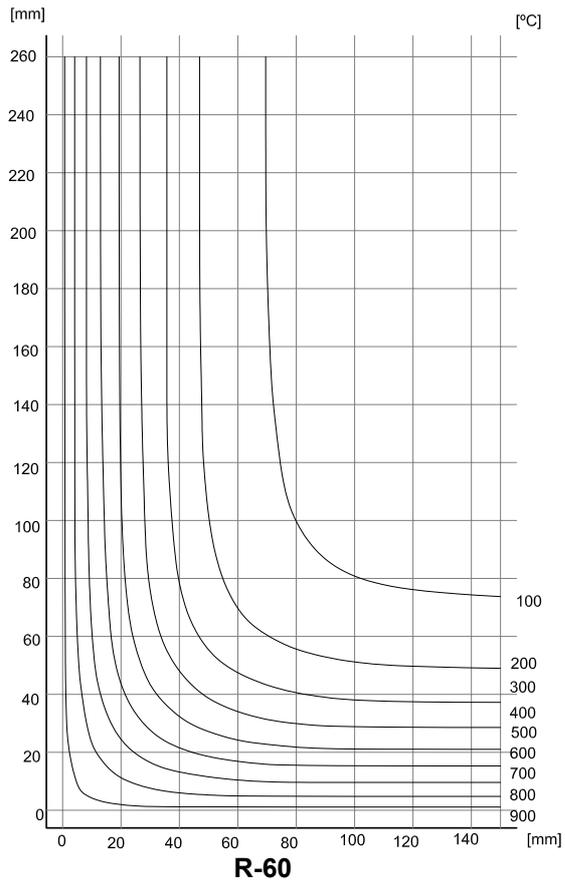


Figura C.4. Perfiles de Temperaturas para vigas $h \times b = 600 \times 300$ mm

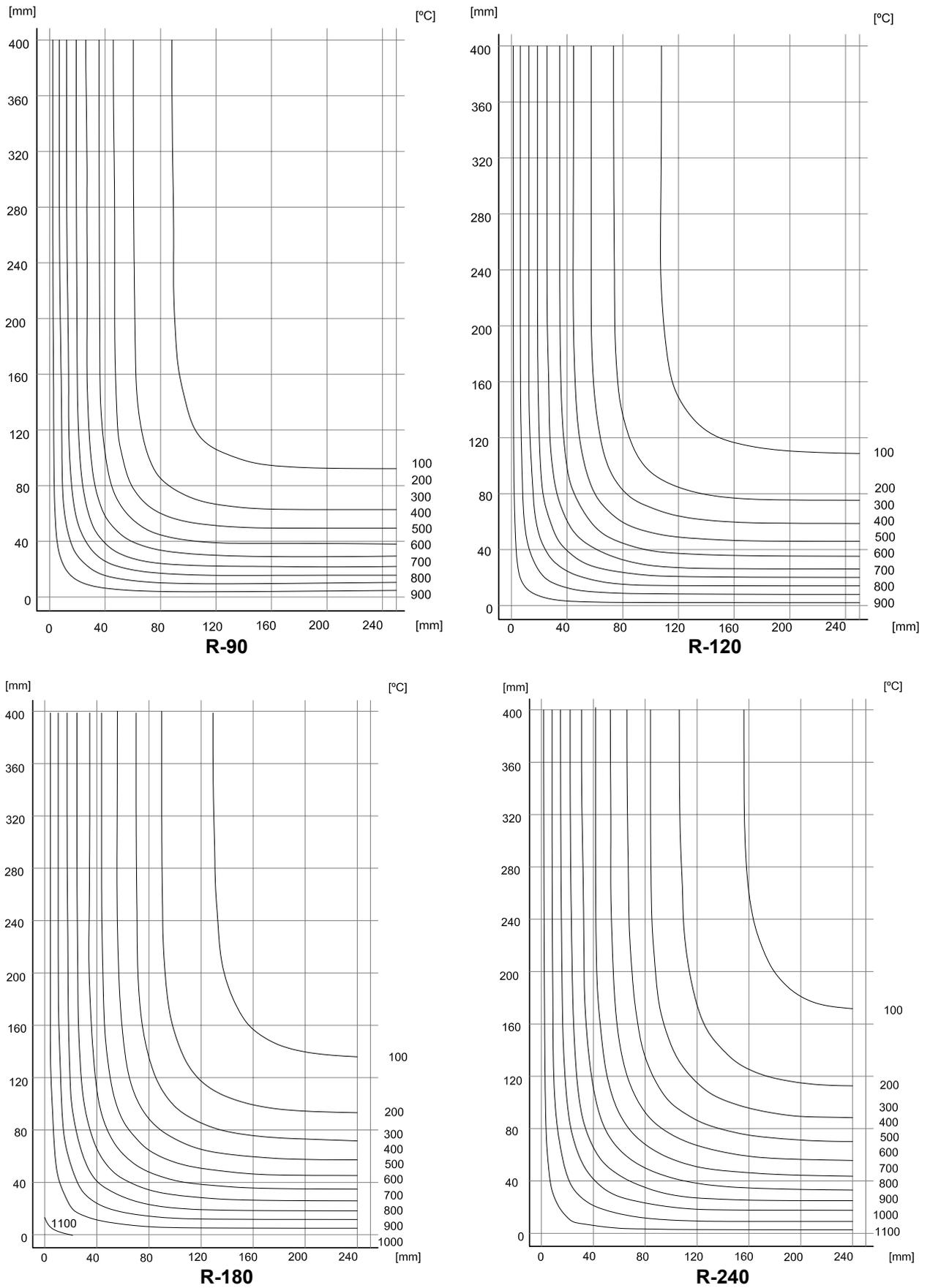
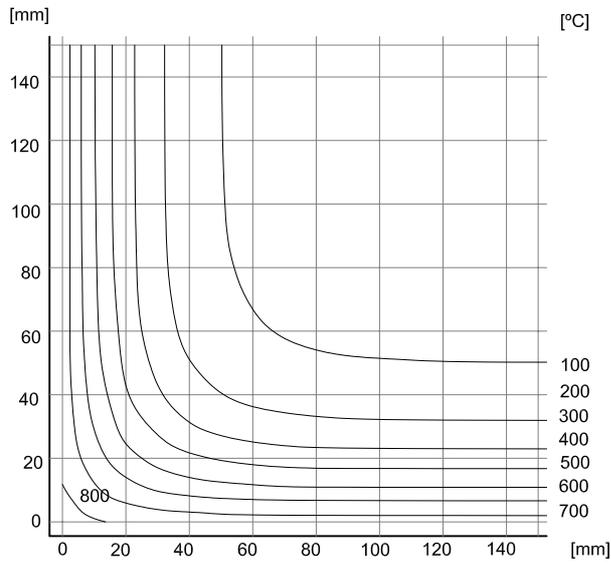
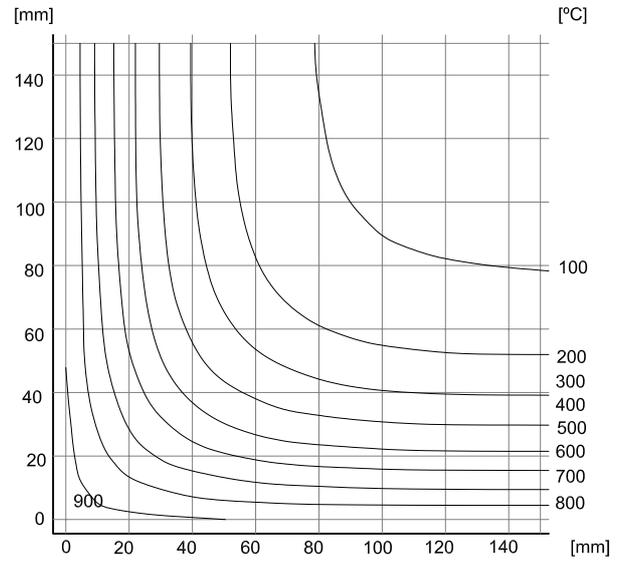


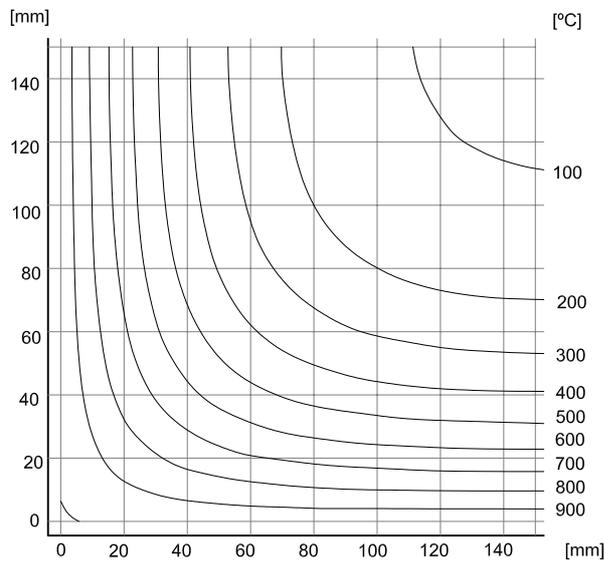
Figura C.5. Perfiles de Temperaturas para vigas $h \times b = 800 \times 500$ mm



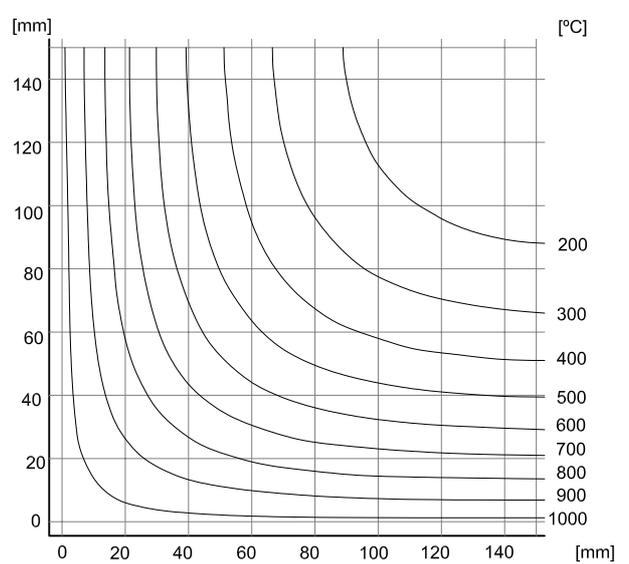
R-30



R-60

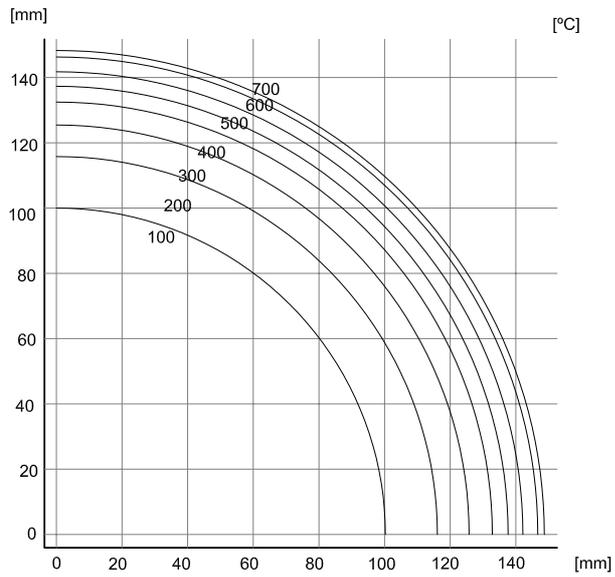


R-90

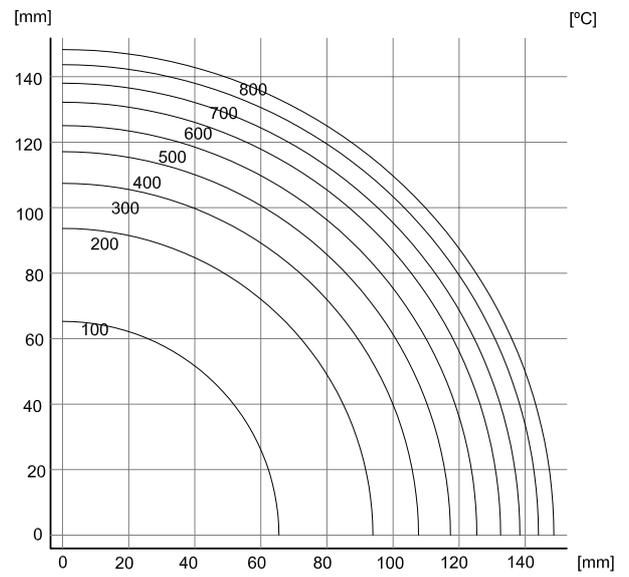


R-120

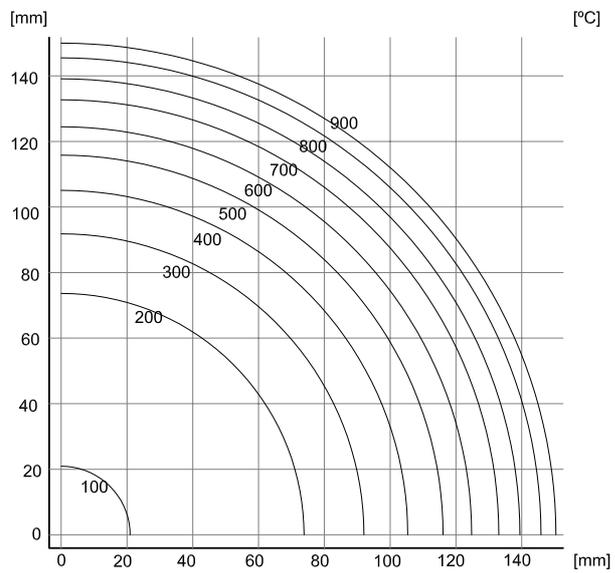
Figura C.6. Perfiles de Temperaturas para soportes $h \times b = 300 \times 300$ mm



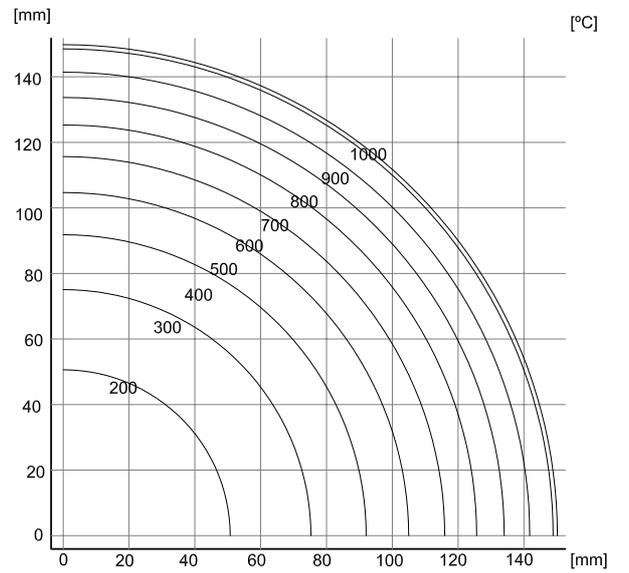
R-30



R-60



R-90



R-120

Figura C.7. Perfiles de Temperaturas para soportes $\varnothing = 300\text{mm}$

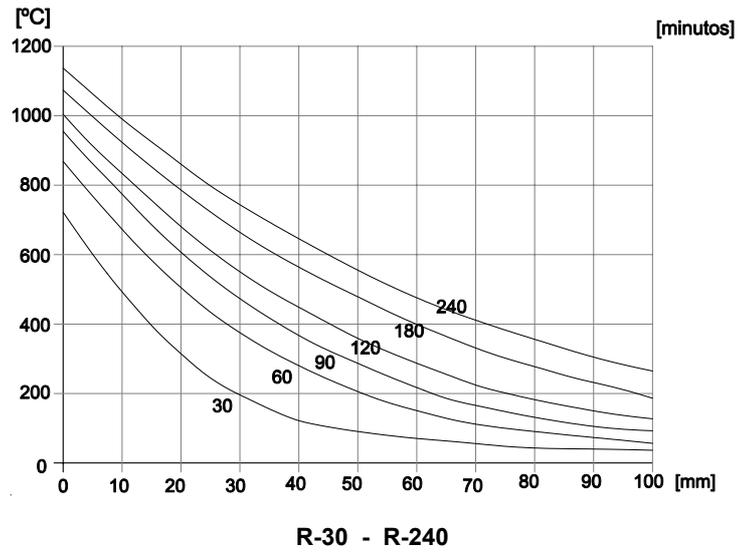


Figura C.8. Distribución de temperaturas en el espesor de la sección de losas de espesor $h = 200$ mm

Anejo D Resistencia al fuego de las estructuras de acero

D.1 Generalidades

- 1 En este anejo se establece un método simplificado que permite determinar la *resistencia al fuego* según curva estándar de las estructuras de acero.
- 2 La clasificación de las secciones transversales en situación de cálculo frente a fuego se realizará de la misma forma que a temperatura normal (véase apartado 5.2.3 del DB SE-A).
- 3 En cuanto a la resistencia al fuego de los elementos de acero revestidos con productos de protección con marcado CE, los valores de protección serán los que ofrece el fabricante de acuerdo con la norma ENV 13381-4:2002.

D.2 Método simplificado de cálculo

D.2.1 Generalidades

- 1 Para elementos de clases 1, 2 o 3, la verificación de la resistencia en caso de incendio se realizará de la siguiente forma:
 - a) según el apartado 2.2 en el caso de vigas;
 - b) según el apartado 2.3 en el caso de soportes.
- 2 En elementos con secciones de clase 4, la temperatura del acero en todas las secciones transversales no debe superar los 350°C.
- 3 En el análisis del elemento puede considerarse que las coacciones en los apoyos y extremos del elemento en cálculo frente a fuego no varían con respecto a las que se producen a temperatura normal.

D.2.2 Vigas

D.2.2.1 Tirantes y vigas con secciones de clases 1, 2 y 3 arriostradas lateralmente

- 1 Para la determinación de la resistencia del elemento frente a fuego se seguirá el procedimiento que se indica a continuación:
 - a) Se calculará el coeficiente de sobredimensionado de la sección μ_{fi} , definido en el apartado 6 de SI6.
Para dimensionado estricto y de forma simplificada μ_{fi} puede obtenerse según la siguiente expresión:

$$\mu_{fi} = \eta_{fi} / \gamma_M \quad (D.1)$$
 siendo:
 - η_{fi} factor de reducción de la sollicitación para el cálculo frente a fuego, definido en el apartado 5 de la sección SI6.
 - γ_M coeficiente parcial de seguridad del acero para la situación de cálculo a temperatura normal; según DB SE-A.
 - b) La *resistencia al fuego* estándar del elemento, a partir del valor de μ_{fi} obtenido, se obtendrá mediante la siguiente tabla, en función de las dimensiones y de la protección de dicho elemento:

Tabla D.1. Coeficiente de protección, d/λ_p (m^2K/W) de vigas y tirantes

| Factor de forma A_m/V (m^{-1}) | 0,70 $>\mu_{fi} \geq 0,60$ | 0,60 $>\mu_{fi} \geq 0,50$ | 0,50 $>\mu_{fi} \geq 0,40$ | |
|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------|
| R-30 (EF-30) | 30 | | 0,00 ⁽¹⁾ | |
| | 50 | | 0,00 ⁽¹⁾ | |
| | 100 | 0,05 | 0,05 | |
| | 150 | | | 0,05 |
| | 200 | | | |
| | 250 | 0,10 | 0,10 | |
| R-60 (EF-60) | 30 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| | 50 | | | |
| | 100 | 0,10 | | |
| | 150 | | 0,10 | |
| | 200 | | | 0,10 |
| | 250 | 0,15 | 0,15 | |
| R-90 (EF-90) | 30 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| | 50 | | 0,10 | |
| | 100 | 0,15 | | 0,10 |
| | 150 | | 0,15 | |
| | 200 | | | 0,15 |
| | 250 | 0,20 | 0,20 | |
| R-120 (EF-120) | 30 | 0,10 | 0,05 | 0,05 |
| | 50 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| | 100 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| | 150 | 0,20 | | |
| | 200 | | 0,20 | |
| | 250 | 0,25 | | 0,20 |
| R-180 (EF-180) | 30 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| | 50 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| | 100 | 0,25 | 0,20 | 0,20 |
| | 150 | | 0,25 | |
| | 200 | 0,30 | | 0,25 |
| | 250 | | 0,30 | |
| R-240 (EF-240) | 30 | 0,15 | 0,15 | 0,10 |
| | 50 | 0,20 | 0,20 | 0,15 |
| | 100 | 0,30 | 0,25 | 0,25 |
| | 150 | | 0,30 | 0,30 |
| | 200 | | | |
| | 250 | - | - | - |
| 300 | | | | |

⁽¹⁾ Perfiles de acero sin proteger
donde:

A_m/V es el factor de forma del elemento de acero aislado [m^{-1}]; donde:

A_m es la superficie expuesta al fuego del elemento por unidad de longitud, [m^2/m]; 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 es el volumen del elemento de acero por unidad de longitud, [m^3/m].

Para elementos de sección constante:
$$\frac{A_m}{V} = \frac{\text{perímetro expuesto}}{\text{área de la sección transversal}}$$

d/λ_p es el coeficiente de aislamiento del material de protección, [m^2K/W], obtenido como promedio de las caras expuestas al fuego, siendo:

d espesor del material de protección frente al fuego, [m];

λ_p conductividad térmica equivalente del material de protección frente al fuego, para el desarrollo total del tiempo de resistencia a fuego considerado; [W/mK].

En materiales de tipo pétreo, cerámico, hormigones, morteros y yesos, se puede tomar el valor de λ correspondiente a 20°C. Para materiales específicamente aislantes se considerará, del lado de la seguridad, el correspondiente a 600°C.

- 2 En el caso de estructuras de acero protegidas mediante pantallas térmicas que no estén en contacto directo con el elemento, como temperatura normal se considerará la existente en el interior del recinto delimitado por la pantalla. En este caso, la superficie expuesta al fuego se tomará como la de la cara interior de la pantalla de protección, salvo en los casos donde la mínima distancia entre el elemento y la pantalla sea mayor que un cuarto del canto del elemento.

D.2.2.2 Vigas de clases 1, 2 y 3 no arriostradas lateralmente

- 1 Para la determinación de la resistencia del elemento frente a fuego, debe verificarse que:

$$M_{fi,t,Ed} \leq M_{b,fi,t,Rd} \quad (D.2)$$

siendo:

$M_{fi,t,Ed}$ Momento de las acciones en la situación de cálculo frente a fuego.

$M_{b,fi,t,Rd}$ Momento resistente del elemento con pandeo en la situación de cálculo frente a fuego.

- 2 El Momento $M_{b,fi,t,Rd}$ se determinará mediante las siguientes expresiones:

- a) Secciones de clase 1 o clase 2:

$$M_{b,fi,t,Rd} = \chi_{LT,fi} W_{ef} k_{y,\theta} f_y \quad (D.3)$$

- b) Secciones de clase 3:

$$M_{b,fi,t,Rd} = \chi_{LT,fi} W_{el,y} k_{y,\theta} f_y \quad (D.4)$$

siendo:

$\chi_{LT,fi}$ factor de reducción por pandeo con torsión lateral para la situación de cálculo frente a fuego; a determinar según el apartado 3.2 de la sección 6.3.3.2 del DB SE-A, pero tomando la esbeltez adimensional $\lambda_{LT,\theta}$ para la temperatura θ dada por:

$$\lambda_{LT,\theta} = \lambda_{LT} [k_{y,\theta} / k_{E,\theta}]^{0,5} \quad (D.5)$$

$W_{ef,y}$ módulo resistente, elástico o plástico según la clase de la sección transversal;

$k_{y,\theta}$ factor de reducción de la tensión correspondiente al límite elástico del acero para la temperatura máxima θ_s ; (véase apartado D.2.4);

$k_{E,\theta}$ factor de reducción del módulo de rigidez del acero para la temperatura θ_s , (véase apartado D.2.4);

f_y tensión correspondiente al límite elástico del acero a temperatura normal, según DB SE-A

D.2.3 Soportes

D.2.3.1 Soportes de estructuras arriostradas

- 1 En el caso de estructuras arriostradas en las que cada planta sea un *sector de incendio* independiente y en las que la sección del soporte se haya determinado adoptando como longitud de pandeo al menos el 0,7 de la altura entre plantas, la *resistencia al fuego* puede determinarse mediante la tabla D.1.

D.2.3.2 Soportes de clases 1,2 y 3

- 1 Como alternativa a 2.3.1, la capacidad resistente de cálculo considerando pandeo, $R_{fi,t,d}$, de un elemento sometido a flexocompresión se verificará mediante las expresiones que se indican en el apartado 6.3.4.2 del DB SE-A para elementos con secciones transversales clase 1, 2 o 3, usando los valores modificados dados a continuación:

$M_{y,Sd} = M_{y,fi,Ed}$ Momento de las acciones según la dirección y en la situación de cálculo frente a fuego;

$M_{z,Sd} = M_{z,fi,Ed}$ Momento de las acciones según la dirección z en la situación de cálculo frente a fuego;

- $N_{Sd}=N_{fi,Ed}$ Axil de cálculo de las acciones en la situación de cálculo frente a fuego;
- $\chi=\chi_{fi, \min}$ factor de reducción para el pandeo a flexión en la situación de cálculo frente a fuego. Se tomará el menor de los valores $\chi_{y,fi}$ y $\chi_{z,fi}$, según las dos direcciones y o z;
- $\chi_{LT}=\chi_{LT,fi}$ factor de reducción por pandeo lateral para la situación de cálculo frente a fuego; a determinar según el apartado 6.3.3.2 del DB SE-A, pero tomando la esbeltez adimensional $\lambda_{LT,\theta}$ para la temperatura θ definida en el apartado D.2.3 (2);
- $f_y=k_{y,\theta} f_y$ factor de reducción del límite elástico del acero a temperatura θ_s donde $k_{y,\theta}$ es según el apartado D.2.4.
- 2 El valor de χ_{fi} se determinará según se indica en el apartado 6.3.3.2 del DB SE-A, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:
- la curva de pandeo c, con independencia del tipo de sección transversal o el plano de pandeo;
 - la esbeltez reducida $\bar{\lambda}_\theta$ para la temperatura θ_s , en lugar de $\bar{\lambda}$, según:

$$\bar{\lambda}_{\theta, \max} = \bar{\lambda} [k_{y,\theta} / k_{E,\theta}]^{0,5} \quad (D.6)$$

donde:

$k_{y,\theta}$ es el factor de reducción del límite elástico del acero a temperatura θ_s , según apartado D.2.4;

$k_{E,\theta}$ es el factor de reducción del módulo de deformación longitudinal a temperatura θ_s , según apartado D.2.4.

- la longitud de pandeo l_{fi} en situación de cálculo frente a fuego en lugar de l; la cual, de manera general, se tomará igual a la determinada para la situación de cálculo a temperatura normal.

En el caso de estructuras arriostradas en las que cada planta sea un *sector de incendio* independiente, la longitud de pandeo en situación de cálculo frente a fuego de un soporte será $l_{fi} = 0,5 L$ en cualquier planta intermedia y $l_{fi} = 0,7 L$ en la última planta, siendo L la altura entre plantas.

D.2.4 Reducción de características mecánicas en función de la temperatura

- 1 La resistencia del acero se reduce, teniendo en cuenta su variación a diferentes temperaturas, a la fracción de su valor característico siguiente:

Tabla D.2. Factores de reducción a temperatura θ_s relativos al valor de f_y o E_s a 20° C

| Temperatura del acero ⁽¹⁾ | Factor de reducción del límite elástico (relativo a f_y) | Factor de reducción del límite proporcional (relativo a f_y) | Factor de reducción del módulo de deformación longitudinal (relativo a E_s) |
|--------------------------------------|---|---|--|
| θ_s | $k_{y,\theta} = f_{y,\theta}/f_y$ | $k_{p,\theta} = f_{p,\theta}/f_y$ | $k_{E,\theta} = E_{s,\theta}/E_s$ |
| 20°C | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 100°C | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 200°C | 1,000 | 0,807 | 0,900 |
| 300°C | 1,000 | 0,613 | 0,800 |
| 400°C | 1,000 | 0,420 | 0,700 |
| 500°C | 0,780 | 0,360 | 0,600 |
| 600°C | 0,470 | 0,180 | 0,310 |
| 700°C | 0,230 | 0,075 | 0,130 |

⁽¹⁾ Para valores intermedios de temperatura se puede interpolar linealmente.

D.2.5 Determinación de la temperatura del acero

D.2.5.1 Estructuras de acero interiores sin protección

- 1 Para una distribución uniforme de temperaturas equivalente en la sección transversal, la temperatura del acero se determina mediante la expresión:

$$\Delta\theta_{s,t} = \frac{A_m / V}{c_s \rho_s} h_{net,d} \Delta t \quad (D.7)$$

siendo:

- A_m/V como se define en el apartado D.2.2.1;
- c_s calor específico del acero [J/kgK]. De forma simplificada puede considerarse que el calor específico del acero no depende de la temperatura, adoptando un valor de $c_s = 600$ [J/kgK];
- $\dot{h}_{net,d}$ valor de cálculo del flujo de calor neto por unidad de área [W/m²]. Se considera el valor de cálculo del flujo de calor neto como la suma del valor del flujo de calor por radiación $\dot{h}_{net,r}$ y el valor del flujo de calor por convección $\dot{h}_{net,c}$, definidos según:

$$\dot{h}_{net,r} = \Phi \varepsilon_f \varepsilon_m \sigma [(\Theta_r + 273)^4 - (\Theta_s + 273)^4], \quad [\text{W/m}^2] \quad (\text{D.8})$$

donde:

- Φ factor de configuración [-]. Se puede tomar igual a 1,0 si no existen datos específicos;
- ε_f emisividad del fuego [-]. Puede tomarse igual a 1,0 si no existen datos específicos;
- ε_m emisividad superficial del material [-], que en el caso del acero tiene valor 0,50;
- Θ_r temperatura de radiación efectiva del ambiente del *sector de incendio* [°C]. Puede tomarse la del ambiente en el sector (Θ_g), definida según apartado B.2 de este DB;
- Θ_s temperatura superficial del elemento [°C], y
- σ constante de Boltzmann ($= 5,67 \cdot 10^{-8}$) [W/m² °K⁴].

$$\dot{h}_{net,c} = \alpha_c (\Theta_g - \Theta_m) \quad [\text{W/m}^2] \quad (\text{D.9})$$

con:

- α_c coeficiente de transferencia de calor por convección; [W/m² °K], que para el caso de la curva estándar es igual a 25 W/m²K. En el lado no expuesto de elementos separadores, puede considerarse únicamente el flujo de calor por convección, tomando como coeficiente de transferencia el valor de $\alpha_c = 9$ W/m² K
- Θ_g temperatura del ambiente en el *sector de incendio* [°C]
- Θ_s temperatura superficial del elemento [°C].
- Δt intervalo de tiempo [segundos]. Puede considerarse para Δt un valor no superior a 5 segundos;
- ρ_s densidad del acero [Kg/m³]. De forma simplificada puede considerarse que la densidad del acero no depende de la temperatura, adoptando un valor de $\rho_s = 7850$ [Kg/m³].

D.2.5.2 Estructuras de acero interiores con protección

- 1 Para una distribución uniforme de temperaturas en una sección transversal, el incremento de temperaturas $\Delta\theta_{s,t}$ de un elemento de acero aislado durante un intervalo de tiempo Δt se obtiene mediante la expresión:

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

siendo:

$$\phi = \frac{c_p \rho_p}{c_s \rho_s} d_p A_m / V$$

donde:

- A_m/V como se define en el apartado D.2.2.1;
 d como se define en el apartado D.2.2.1;
 $\theta_{s,t}$ temperatura del acero en el instante t ;
 λ_p conductividad térmica del material de protección frente al fuego, [W/mK].

D.3 Conexiones

- 1 La conexión entre elementos debe tener un valor de μ_{fi} mayor que el valor pésimo de los elementos que une.
- 2 Si los elementos están protegidos, la unión entre los mismos debe estar protegida, de tal forma que el valor del coeficiente de aislamiento del material de protección $(d/\lambda_p)_c$ de la unión sea mayor o igual al de los elementos, siendo:

- d espesor del material de protección frente al fuego, [m];
 λ_p conductividad térmica del material de protección, según apartado D.2.2, [W/mK].

Anejo SI E Resistencia al fuego de las estructuras de madera

E.1 Generalidades

- 1 En este anejo se establecen reglas y métodos simplificados que permiten determinar la *resistencia al fuego* según curva estándar de las estructuras de madera.

E.2 Métodos simplificados de cálculo

E.2.1 Valores de cálculo de las propiedades del material y capacidades de cálculo

- 1 En la comprobación de la resistencia mecánica los valores de cálculo de las resistencias y parámetros de rigidez se determinarán a partir de las expresiones siguientes:

$$f_{fi,d} = k_{mod,fi} f_{20} \quad (E.1)$$

$$E_{fi,d} = k_{mod,fi} E_{20} \quad (E.2)$$

siendo:

$f_{fi,d}$ resistencia de cálculo en situación de incendio,

$E_{fi,d}$ parámetro de cálculo de rigidez (módulo de elasticidad longitudinal o módulo de elasticidad transversal o de cortante) en situación de incendio,

f_{20} percentil 20 % de la resistencia a la temperatura normal, definido como $f_{20} = k_{fi} \cdot f_k$, con k_{fi} definido en la tabla E.1;

E_{20} percentil 20 % del módulo de elasticidad a la temperatura normal, definido como $E_{20} = k_{fi} \cdot E_{0,05}$ con k_{fi} definido en la tabla E.1;
($E_{0,05}$ valor característico del módulo de elasticidad paralelo a la fibra, correspondiente al 5º percentil);

$k_{mod,fi} = 1,0$ factor de modificación en situación de incendio. Tiene en cuenta la reducción de la resistencia y de los parámetros de rigidez en temperaturas elevadas. Sustituye al factor de modificación en temperatura normal, k_{mod} .

- 2 La capacidad de cálculo de uniones con elementos de fijación trabajando a cortadura se determinará mediante la siguiente expresión:

$$F_{Rd,fi} = \eta_{conn} F_{Rd20} \quad (E.3)$$

siendo:

$F_{Rd,fi}$ valor de cálculo de la capacidad mecánica de la unión en situación de incendio para el tiempo t .

F_{Rd20} percentil 20 % de la capacidad mecánica de la unión en la temperatura normal sin considerar el efecto de la duración de la carga y de la humedad ($k_{mod} = 1,00$); definido como $F_{R,20} = k_{fi} \cdot F_{R,k}$, con k_{fi} definido en la tabla E.1.

($F_{R,k}$: valor característico de la capacidad mecánica de la unión a la temperatura normal sin considerar el efecto de la duración de la carga y de la humedad ($k_{mod} = 1,00$)).

η_{conn} factor de conversión para exposición a un fuego estándar.

Tabla E.1. Valores de k_{fi}

| | |
|---|------|
| Madera maciza | 1,25 |
| Madera laminada encolada | 1,15 |
| Tableros derivados de la madera | 1,15 |
| Madera microlaminada | 1,10 |
| Uniones con pieza lateral de madera y tableros derivados de la madera | 1,15 |
| Uniones con pieza lateral de acero | 1,05 |

E.2.2 Propiedades de los materiales

E.2.2.1 Carbonización de la madera

E.2.2.1.1 Generalidades

- 1 Se considerará la carbonización de todas las estructuras de madera y productos derivados de la madera directamente expuestos al fuego y en su caso en las estructuras protegidas, cuando la carbonización de la madera se inicie durante el tiempo de exposición al fuego especificado.
- 2 La profundidad de carbonización se calcula como la posición de la línea de carbonización teniendo en cuenta el tiempo de exposición al fuego y la velocidad de carbonización.
- 3 El cálculo de las propiedades mecánicas de la sección se basa en la sección reducida descontando la profundidad carbonizada incluyendo el redondeo de las aristas. Alternativamente puede utilizarse una sección nominal sin considerar el redondeo de las aristas, determinada empleando una velocidad de carbonización nominal.

E.2.2.1.2 Estructuras de madera sin protección

- 1 La velocidad de carbonización se considera constante en el tiempo y la profundidad carbonizada de cálculo se determina según la siguiente expresión, figura E.1:

$$d_{char,0} = \beta_0 t \quad (E.4)$$

siendo:

$d_{char,0}$ profundidad carbonizada de cálculo para la carbonización en una dirección, [mm]
 β_0 velocidad de carbonización básica, [mm/min]
 t tiempo de exposición al fuego, [min].

- 2 La velocidad de carbonización nominal incluyendo el efecto del redondeo de las aristas se considera constante en el tiempo y la profundidad nominal carbonizada se determina según la expresión siguiente:

$$d_{char,n} = \beta_n t \quad (E.5)$$

siendo:

$d_{char,n}$ profundidad nominal carbonizada de cálculo para la carbonización en una dirección, [mm]
 β_n velocidad nominal de carbonización, [mm/min]

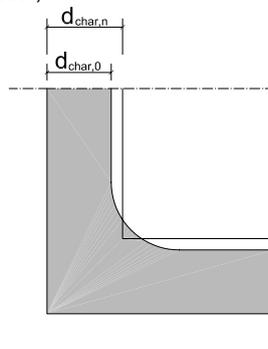


Figura E.1. Profundidad carbonizada $d_{char,0}$ y profundidad nominal carbonizada $d_{char,n}$.

- 3 Para estructuras de madera no protegidas inicialmente, las velocidades de cálculo de carbonización β_0 y β_n se definen en la tabla E.2.
- 4 Para la madera maciza de frondosas con densidad característica comprendida entre 290 y 450 kg/m³, se tomará como velocidad de carbonización el valor obtenido, interpolando linealmente entre los valores extremos de la densidad, de la tabla E.2. Para la madera de haya puede tomarse la velocidad de carbonización de la madera maciza de coníferas.
- 5 Para las estructuras no protegidas inicialmente de madera microlaminada de acuerdo con la norma UNE EN 13986:2002, los valores de cálculo de las velocidades de carbonización β_0 y β_n se dan en la tabla E.2.
- 6 En secciones transversales con una anchura mínima b_{min} puede utilizarse la velocidad básica de carbonización, siempre que se tenga en cuenta el incremento de la carbonización en las proximidades de las esquinas, de forma independiente. El radio de redondeo de la arista deberá tomarse igual a la profundidad carbonizada $d_{char,0}$. El ancho mínimo se calcula mediante las siguientes expresiones:

$$b_{\min} = \begin{cases} 2d_{\text{char},0} + 80 & \text{para } d_{\text{char},0} \geq 13\text{mm} \\ 8,15d_{\text{char},0} & \text{para } d_{\text{char},0} < 13\text{mm} \end{cases} \quad (\text{E.6})$$

Si el ancho más pequeño de la sección transversal es menor que b_{\min} se deberá utilizar la velocidad nominal de carbonización.

- 7 Para tableros de madera maciza y tableros derivados de la madera según normas UNE EN 309:1994, UNE EN 313-1:1996, UNE EN 300:1997 y UNE EN 316:2000, las velocidades de carbonización se incluyen en la tabla E.2. Los valores se aplican para densidad característica de 450 kg/m³ y para un espesor del tablero de 20 mm.
- 8 Para valores diferentes de la densidad característica ρ_k y del espesor h_p del tablero la velocidad de carbonización se determina mediante la siguiente expresión:

$$\beta_{0,p,t} = \beta_0 k_p k_t \quad (\text{E.7})$$

siendo:

$$k_p = \sqrt{\frac{450}{\rho_k}} \quad (\text{E.8})$$

$$k_t = \max \left\{ \sqrt{\frac{20}{h_p}}, 1,0 \right\} \quad (\text{E.9})$$

donde:

ρ_k densidad característica en kg/m³
 h_p espesor del tablero en mm

Tabla E.2. Valores de cálculo de las velocidades de carbonización β_0 y β_n de la madera, madera microlaminada, tableros de madera y tableros derivados de la madera.

| | β_0 (mm/min) | β_n (mm/min) |
|--|-----------------------|-----------------------|
| Coníferas y haya | | |
| Madera laminada encolada con densidad característica ≥ 290 kg/m ³ | 0,65 | 0,70 |
| Madera maciza con densidad característica ≥ 290 kg/m ³ | 0,65 | 0,80 |
| Frondosas | | |
| Madera maciza o laminada encolada de frondosas con densidad característica ≥ 290 kg/m ³ ⁽¹⁾ | 0,65 | 0,70 |
| Madera maciza o laminada encolada de frondosas con densidad característica ≥ 450 kg/m ³ | 0,50 | 0,55 |
| Madera microlaminada | | |
| Con una densidad característica ≥ 500 kg/m ³ | 0,65 | 0,70 |
| Tableros ⁽²⁾ | | |
| Tableros de madera | 0,90 | - |
| Tableros contrachapados | 1,00 | - |
| Tableros derivados de la madera diferentes al tablero contrachapado | 0,90 | - |

⁽¹⁾ Para la madera maciza de frondosas con densidad característica comprendida entre 290 y 450 kg/m³, se tomará como velocidad de carbonización el valor obtenido, interpolando linealmente entre los valores extremos de la densidad.

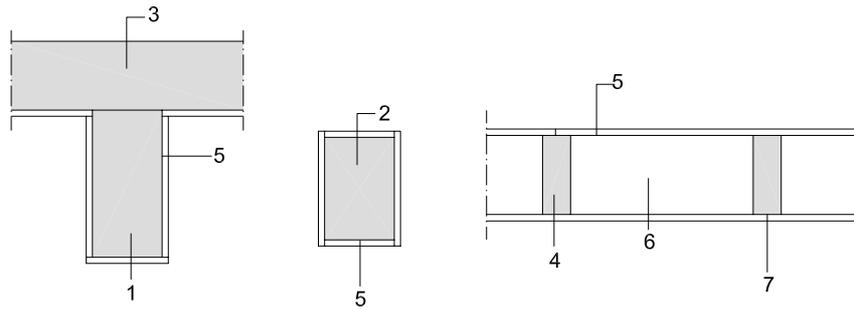
⁽²⁾ Los valores se aplican para densidad característica de 450 kg/m³ y para un espesor del tablero de 20 mm.

E.2.2.1.3 Estructuras de madera con protección inicial

E.2.2.1.3.1 Generalidades

- 1 En estructuras de madera protegidas por revestimientos de protección contra el fuego, figura E.2, otros materiales de protección o por otros elementos estructurales, deberá tenerse en cuenta lo siguiente:
 - a) el comienzo de la carbonización se retrasa hasta el tiempo t_{ch} ;
 - b) la velocidad de carbonización es menor hasta el tiempo de fallo t_f de la protección contra el fuego;
 - c) la velocidad de carbonización puede incrementarse después del tiempo de fallo t_f de la protección contra el fuego.

- 2 Existen otras protecciones contra el fuego tales como la aplicación de productos intumescentes por pincelado o impregnación.



Leyenda:

- 1 viga - 2 columna - 3 entriegado - 4 montante o vigueta
5 revestimiento o cerramiento - 6 cavidad hueca
7 junta

Figura E.2. Ejemplos de paneles utilizados como revestimientos de protección contra el fuego

- 3 En estructuras de madera protegidas con un tiempo de fallo t_f menor que 10 minutos, el efecto de la protección deberá despreciarse, figura E.3.
- 4 En el caso de tiempos de fallo t_f de la protección de 10 minutos o superior, en el estado inmediatamente anterior al fallo de la protección, las velocidades de carbonización de la tabla E.2 deberán multiplicarse por 2 hasta que se alcance una profundidad carbonizada $d_{char,n}$ de 25 mm o sea igual a la profundidad carbonizada de una superficie no protegida, eligiendo el menor valor de los dos anteriores. A partir de ese momento deberán utilizarse las velocidades de carbonización indicadas en la tabla E.2 En las figuras E.3 y E.4 se representan los tiempos de transición entre los diferentes estados de protección y velocidades de carbonización.

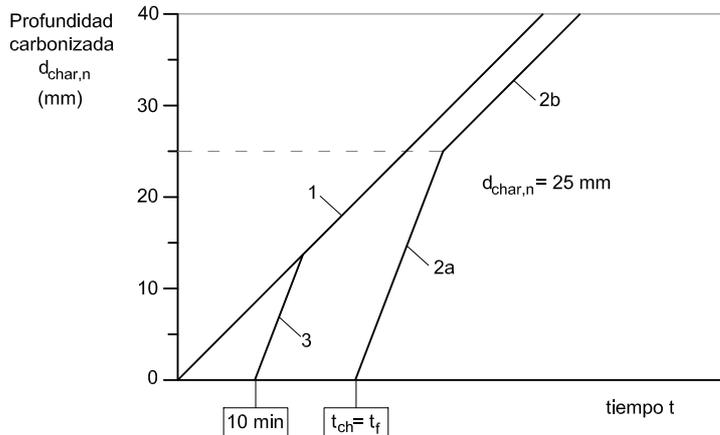


Figura E.3. Relación entre profundidad carbonizada y tiempo para $t_{ch} = t_f$

- 1 Relación para piezas no protegidas para la velocidad de carbonización β_n
2 Relación para piezas protegidas después del fallo de la protección contra el fuego
2a Después de que la protección contra el fuego haya fallado y la carbonización comience con velocidad doble
2b Después de que la profundidad carbonizada exceda 25 mm la velocidad de carbonización se reduce a β_n
3 Relación para piezas protegidas con tiempo de fallo de la protección contra el fuego después de 10 minutos

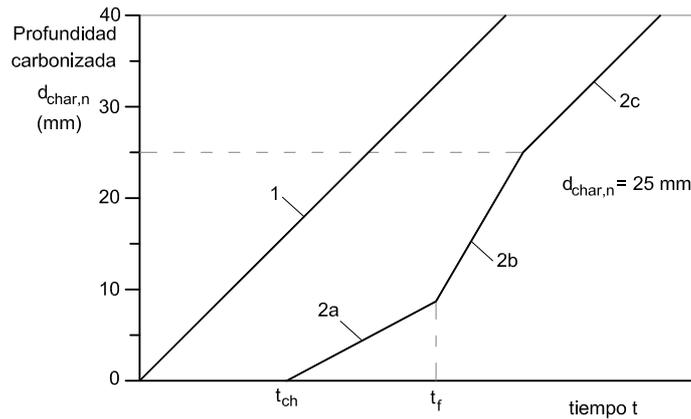


Figura E.4. Relación entre profundidad carbonizada y tiempo para $t_{ch} \leq t_f$ y $t_f \geq 10$ minutos

- 1 Relación para piezas no protegidas para la velocidad de carbonización β_n
- 2 Relación para piezas protegidas cuando la carbonización comienza antes del fallo de la protección
- 2a La carbonización comienza en t_{ch} con una velocidad reducida mientras la protección se encuentra aún en su posición
- 2b Antes de que la protección haya fallado y la carbonización comience con velocidad doble
- 2c Antes de que la profundidad carbonizada exceda de 25 mm la velocidad de carbonización se reduce a β_n

- 5 Deberá tenerse en cuenta el efecto de las juntas del revestimiento para el caso de holguras no rellenas mayores de 2 mm en el comienzo de la carbonización y, cuando proceda, en la velocidad de carbonización antes del fallo de la protección.
- 6 Con la excepción de las disposiciones que se recogen en adelante, los aspectos siguientes deberán determinarse experimentalmente:
 - a) el tiempo para el comienzo de la carbonización t_{ch} de la pieza;
 - b) el tiempo de fallo del revestimiento de protección contra el fuego u otros materiales de protección t_f ;
 - c) la velocidad de carbonización después del fallo de la protección cuando $t_f > t_{ch}$.

E.2.2.1.3.2 Velocidades de carbonización

- 1 Para $t_{ch} \leq t \leq t_f$ las velocidades de carbonización de las piezas de madera dadas en la tabla E.2 deberán multiplicarse por un factor k_2
- 2 Cuando la pieza de madera está protegida con mantas de lana de roca con un grueso mayor o igual a 20 mm. y una densidad mayor o igual a 26 kg/m^3 que se mantienen con cohesión hasta 1000°C , k_2 puede tomarse de la tabla E.3. Para gruesos comprendidos entre 20 y 45 mm se puede interpolar linealmente.

Tabla E.3. Valores de k_2 para madera protegida por mantas de lana de roca

| Grueso h_{ins} [mm] | k_2 |
|-----------------------|-------|
| 20 | 1 |
| ≥ 45 | 0,6 |

- 3 Para el estado posterior al fallo de la protección dado por $t_f \leq t \leq t_a$, las velocidades de carbonización de la tabla E.2 deberán multiplicarse por un factor $k_3 = 2$. Para $t \geq t_a$ las velocidades de carbonización de la tabla E.2. deberán aplicarse sin la corrección de k_3 .
- 4 El tiempo límite t_a deberá tomarse de la siguiente expresión (véase figura E.3)

$$t_a = \min \left\{ \begin{array}{l} 2t_f \quad (a) \\ \frac{12,5}{\beta_f} + t_f \quad (b) \end{array} \right. \quad (E.10)$$

ó (véase figura E.2.2.1.3.1.3)

$$t_a = \frac{25 - (t_f - t_{ch})k_2 \beta_n}{2\beta_n} + t_f \quad (E.11)$$

donde β_n es la velocidad nominal de carbonización, en mm/min.

Para t_f véase E.2.2.1.3.4.

E.2.2.1.3.3 Comienzo de la carbonización

- 1 En el caso de revestimientos de protección consistentes en una o varias capas de tableros derivados de la madera o tableros de madera maciza, el tiempo de comienzo de carbonización t_{ch} de la pieza de madera protegida se tomará de la siguiente expresión,

$$t_{ch} = \frac{h_p}{\beta_0} \quad (E.12)$$

siendo:

h_p grueso del tablero, en caso de varias capas el grueso total, [mm];

t_{ch} tiempo de comienzo de la carbonización, en minutos.

- 2 En vigas o pilares protegidos mediante mantas de lana de roca como se especifica en E.2.2.1.3.2(2), el tiempo del comienzo de la carbonización se tomará de la siguiente expresión,

$$t_{ch} = 0,07(h_{ins} - 20)\sqrt{\rho_{ins}} \quad (E.13)$$

siendo:

t_{ch} tiempo de comienzo de la carbonización en minutos;

h_{ins} grueso del material aislante en milímetros;

ρ_{ins} densidad del material aislante en kg/m^3 .

E.2.2.1.3.4 Tiempos de fallo de los tableros

- 1 El fallo del revestimiento de protección contra el fuego puede ocurrir por los siguiente motivos:
- carbonización o degradación mecánica del material del revestimiento;
 - insuficiente longitud de penetración de los elementos de fijación en la zona no carbonizada de la madera;
 - separación o distancias inadecuadas de los elementos de fijación.
- 2 En el caso de revestimientos de protección contra el fuego mediante tableros derivados de la madera y tableros de madera maciza sobre vigas o pilares, el tiempo de fallo se determinará mediante la siguiente expresión:

$$t_f = t_{ch} \quad (E.14)$$

donde t_{ch} se calcula mediante la ecuación (E.12).

- 3 La longitud de penetración l_a de los elementos de fijación en la zona no carbonizada de la madera deberá ser al menos de 10 mm. La longitud requerida del elemento de fijación se calcula mediante la expresión siguiente,

$$l_{f,req} = h_p + d_{char,n} + l_a \quad (E.15)$$

siendo:

h_p grueso del tablero;

$d_{char,n}$ profundidad de carbonización en la pieza de madera;

l_a longitud mínima de penetración del elemento de fijación en la zona no carbonizada de la madera.

Deberá tenerse en cuenta el incremento de carbonización en las zonas cercanas a las aristas, véase E.2.2.1.2.(6).

E.2.2.2 Adhesivos

- 1 Los adhesivos para uso estructural deben producir uniones con resistencia y durabilidad tales que la integridad del encolado se mantenga durante el periodo de estabilidad al fuego asignado.
- 2 Para el encolado de madera con madera, madera con productos derivados de la madera o productos derivados de la madera con productos derivados de la madera, deberán utilizarse adhesivos de tipo fenol-formaldehído y aminoplásticos de tipo 1 de acuerdo con la norma UNE EN 301:1994 y adhesivos para tablero contrachapado y madera microlaminada de acuerdo con la norma UNE EN 314:1994.
- 3 Para el encolado de barras de acero, la temperatura de reblandecimiento del adhesivo deberá determinarse experimentalmente.

E.2.3 Bases de cálculo para la comprobación de la resistencia

E.2.3.1 Método de la sección reducida

- 1 Este método utiliza el concepto de profundidad eficaz de carbonización admitiendo una pérdida de la sección constante en las caras expuestas y una resistencia de cálculo también constante durante el incendio.
- 2 Se consideran las siguientes hipótesis implícitas:
 - a) Se analizan, a estos efectos, solamente los elementos estructurales individualmente en lugar de la estructura global.
 - b) Las condiciones de contorno y apoyo, para el elemento estructural, se corresponden con las adoptadas para temperatura normal.
 - c) No es necesario considerar las dilataciones térmicas en las piezas de madera, aunque sí en otros materiales.
- 3 En el cálculo de la capacidad de carga, en situación de incendio, se considerará para el elemento estructural la sección reducida, calculada descontando a la sección inicial la profundidad eficaz de carbonización d_{ef} .

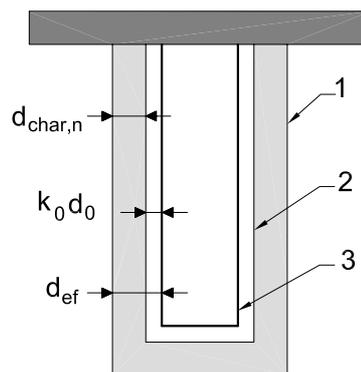
$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0 \quad (E.16)$$

siendo:

$d_{char,n}$ de acuerdo con la ecuación E.5 o con las reglas indicadas en E.2.2.1.3.2.

$d_0 = 7 \text{ mm}$

k_0 según tabla E.4.



- 1 Superficie inicial de la pieza
- 2 Límite de la sección residual
- 3 Límite de la sección eficaz

Figura E.5. Definición de la sección residual y eficaz.

Tabla E.4. Determinación de k_0 para superficies no protegidas

| | k_0 |
|---------------------|----------|
| $t < 20$ minutos | $t / 20$ |
| $t \geq 20$ minutos | 1,0 |

- 4 Para las superficies protegidas con $t_{ch} > 20$ minutos o $t_f > 20$ minutos, deberá suponerse que k_0 varía linealmente desde 0 hasta 1 durante el intervalo de tiempo desde $t = 0$ hasta $t = t_{ch}$ o $t = t_f$, eligiendo el que ofrezca el menor valor, (figura E.6) Para superficies protegidas con $t_{ch} \leq 20$ minutos o $t_f \leq 20$ minutos se aplica la tabla E.4.

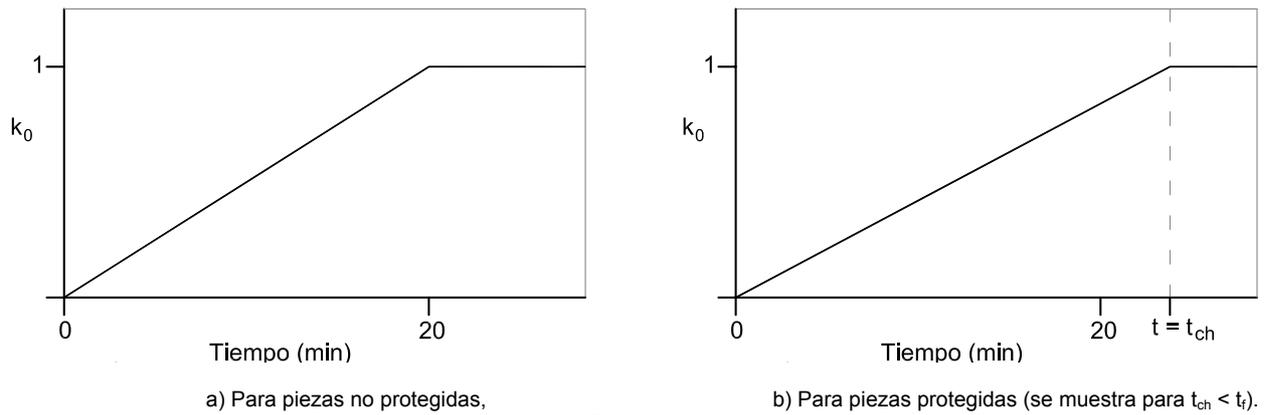


Figura E.6. Variación de k_0

E.2.3.2 Reglas simplificadas para el análisis de piezas

E.2.3.2.1 Generalidades

- 1 Puede despreciarse la compresión perpendicular a la fibra.
- 2 El cortante puede despreciarse en secciones rectangulares y circulares macizas.
- 3 Cuando las piezas sometidas a compresión o a flexión se calculan teniendo en cuenta el efecto del arriostramiento, debe verificarse que éste no falla durante el tiempo requerido de exposición al fuego.
- 4 Se admite que el arriostramiento no falla si el ancho y la sección residual es al menos el 60% del ancho y la sección requerida en situación de cálculo a la temperatura normal, y está fijada con clavos, tirafondos, pasadores o pernos.

E.2.3.2.2 Vigas

- 1 Cuando el arriostramiento de la viga falle durante la exposición al fuego, debe considerarse el vuelco lateral para la viga sin arriostramiento.
- 2 En vigas con entalladuras debe verificarse que la sección residual en las proximidades de la entalladura es como mínimo del 60% de la sección requerida en condiciones de cálculo a la temperatura normal.

E.2.3.2.3 Soportes

- 1 Cuando el arriostramiento del soporte falle durante la exposición al fuego, debe considerarse el pandeo para el soporte sin arriostramiento.
- 2 En un soporte que constituye una columna continua de un pórtico indesplazable y que está contenido en un *sector de incendio* pueden admitirse condiciones de contorno más favorables que en el cálculo para temperatura normal. En plantas intermedias puede considerarse como biempotrado en sus extremos, en la planta superior puede considerarse empotrado en la base. La longitud del pilar se tomará igual a la altura entre ejes de plantas.

E.2.3.2.4 Elementos compuestos con uniones mecánicas

- 1 En piezas compuestas con uniones mecánicas, deberá tenerse en cuenta que existe una reducción del módulo de deslizamiento en la situación de incendio.
- 2 El módulo de deslizamiento K_{fi} para la situación de incendio se determina a partir de la siguiente expresión:

$$K_{fi} = K_u \cdot \eta_f \quad (E.17)$$

siendo:

- | | |
|----------|--|
| K_{fi} | módulo de deslizamiento en la situación de incendio en N/mm |
| K_u | módulo de deslizamiento en la situación normal de temperatura para los estados límite últimos de acuerdo con el apartado 7.3 del DB SE-M.; en N/mm |
| η_f | factor de conversión definido en la tabla E.5. |

Tabla E.5. Factor de conversión

| | η_f |
|-------------------------------|----------|
| Clavos | 0,2 |
| Pernos, pasadores, conectores | 0,67 |

F.2.3.3 Procedimiento de comprobación de muros y forjados

F.2.3.3.1 Análisis de la función de estabilidad al fuego (capacidad de carga)

- 1 Cuando se utilicen tableros derivados de la madera o tableros de madera para rigidizar o arriostrar el entramado portante de madera, deberán tener un espesor residual de al menos el 60 % del espesor requerido para la situación de temperatura normal; en caso contrario el entramado deberá analizarse como si no estuviera arriostrado, véase E.2.3.2.4.

F.2.3.3.2 Análisis de la función de sectorización

- 1 En análisis deberá tener en cuenta las contribuciones de los diferentes materiales y componentes del conjunto.

E.2.4 Uniones

E.2.4.1 Generalidades

- 1 Este apartado se refiere a las uniones entre piezas en exposición al fuego normalizado realizadas con clavos, pernos, pasadores y conectores de anillo y de placa de acuerdo con la norma UNE EN 912:2000 y con barras encoladas. Mientras en el texto no se indique lo contrario, las reglas son de aplicación para tiempos de estabilidad al fuego no mayor que 60 minutos.
- 2 Las reglas que en se recogen son válidas para uniones simétricas de tres piezas sometidas a carga lateral.

E.2.4.2 Uniones con piezas laterales de madera

E.2.4.2.1 Uniones no protegidas

- 1 En uniones no protegidas entre madera y madera con separaciones y distancias entre elementos de fijación y con espesor de la pieza lateral que cumplan los requisitos mínimos definidos en el capítulo 8 del DB SE-M, los tiempos de estabilidad al fuego pueden obtenerse de la tabla E.6.

Tabla E.6. Tiempo de estabilidad al fuego de uniones no protegidas con piezas laterales de madera

| | Tiempo de estabilidad al fuego estándar, $t_{fi,d}$ (min) | Condiciones |
|--------------|---|--------------------------------|
| Clavos lisos | R-15 (EF-15) | $d \geq 2,8 \text{ mm}^{(1)}$ |
| Tirafondos | R-15 (EF-15) | $d \geq 3,5 \text{ mm}^{(1)}$ |
| Pernos | R-15 (EF-15) | $t_1 \geq 45 \text{ mm}^{(2)}$ |
| Pasadores | R-20 (EF-20) | $t_1 \geq 45 \text{ mm}^{(2)}$ |
| Conectores | R-15 (EF-15) | $t_1 \geq 45 \text{ mm}^{(2)}$ |

⁽¹⁾ d es el diámetro de la clavija

⁽²⁾ t_1 es el espesor de la pieza lateral

- 2 Para alcanzar un tiempo de estabilidad al fuego superior al indicado en la tabla E.6, pero no superior a 30 minutos, y utilizando pasadores, clavos o tirafondos en los que la cabeza no sobresalga de la superficie de la pieza, los siguientes factores:
 - a) el espesor de las piezas laterales;
 - b) la longitud y anchura de las piezas laterales;
 - c) las distancia a la testa y a los bordes desde los elementos de fijación;
 deberán incrementarse en una cantidad a_{fi} , figura E.7, definida por la siguiente expresión:

$$a_{fi} = \beta_n \cdot k_{flux} (t_{req} - t_{fi,d}) \quad (E.18)$$

siendo:

| | |
|------------|---|
| β_n | velocidad de carbonización de la madera según tabla E.2. |
| k_{flux} | coeficiente que tiene en cuenta el incremento del flujo de calor a través del elemento de fijación. Puede tomarse como $k_{flux} = 1,5$. |
| t_{req} | tiempo requerido de estabilidad al fuego normalizado, en minutos, |
| $t_{fi,d}$ | tiempo de estabilidad al fuego de la unión no protegida de acuerdo con la tabla E.6. |

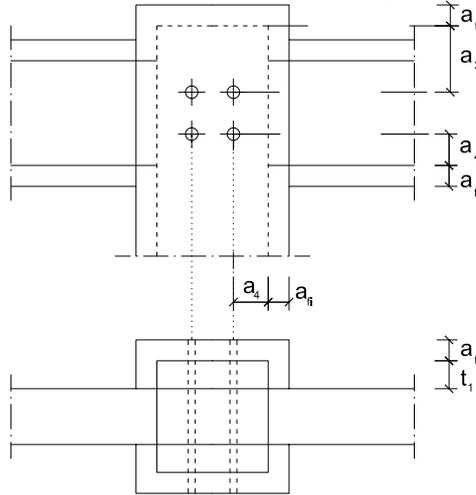


Figura E.7. Espesor extra y distancias extras a la testa y al borde de la pieza desde los elementos de fijación.

E.2.4.2.2 Uniones protegidas

- 1 Cuando la unión se encuentra protegida por el adosado de capas de tableros de madera, tableros derivados de la madera, la estabilidad al fuego adicional de la protección que se añade deberá cumplir la siguiente condición:

$$t_{ch} \geq t_{req} - 0,5 \cdot t_{fi,d} \quad (E.19)$$

siendo:

- t_{ch} tiempo en el que comienza la carbonización de acuerdo con E.2.2.1.3.3.;
 - t_{req} tiempo requerido para una exposición al fuego normalizado;
 - $t_{fi,d}$ tiempo de estabilidad al fuego inherente de la unión sin proteger de acuerdo con la tabla E.6, cargada con el efecto de cálculo de las acciones en situación de incendio.
- 2 En uniones en las que los elementos de fijación están protegidos por tapones o parches encolados, el grueso del parche deberá determinarse mediante la expresión E.18, figura E.7.
 - 3 La protección adicional deberá fijarse de tal manera que se evite su fallo prematuro. La protección adicional que utiliza tableros derivados de la madera o tableros de cartón – yeso deberá permanecer en su posición hasta que comience la carbonización de la pieza ($t = t_{ch}$).
 - 4 Para la protección de uniones con pernos, la cabeza de los pernos deberá protegerse con un elemento de protección de grueso a_{fi} , figura E.8.
 - 5 En la fijación de la protección adicional con clavos o tirafondos deberán cumplirse las siguientes condiciones:
 - a) la distancia entre elementos de fijación deberá ser de al menos 100 mm a lo largo de los bordes de la pieza y de al menos 300 mm en las líneas interiores (alejadas de los bordes);
 - b) la distancia a los bordes desde los elementos de fijación deberá ser al menos igual a la obtenida por la ecuación E.18, figura E.8.
 - 6 La profundidad de penetración de los elementos de fijación para la sujeción de la protección adicional con madera, tableros derivados de la madera deberá ser al menos igual a $6d$.

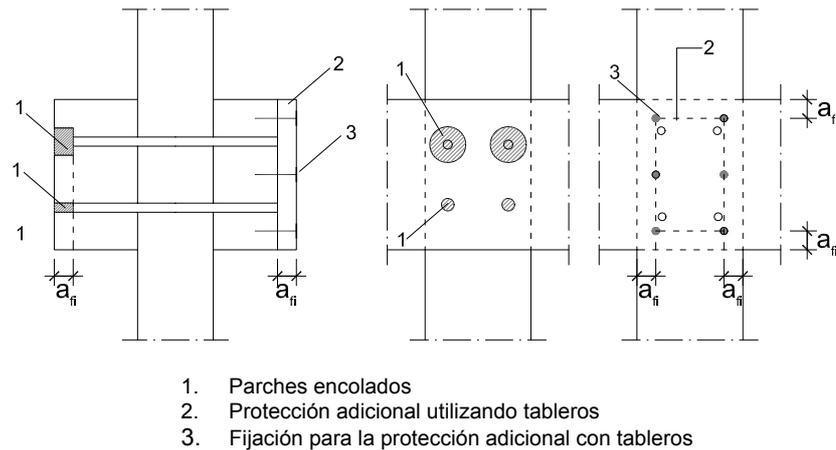


Figura E.8. Ejemplos de protecciones adicionales mediante parches encolados y protección mediante tableros derivados de la madera o (la protección de los bordes de las piezas laterales y central no está representada en el dibujo).

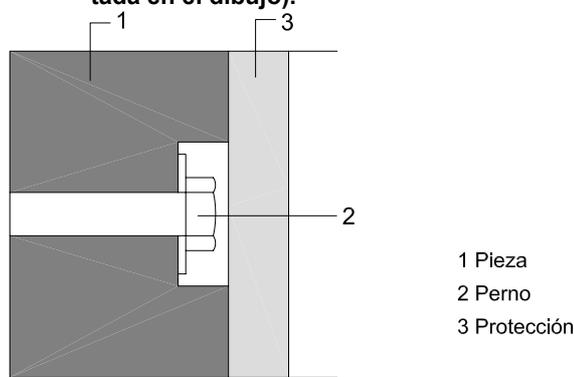


Figura E.9. Ejemplo de protección de la cabeza de un perno.

E.2.4.2.3 Reglas complementarias para uniones con placas de acero en el interior

- 1 En uniones con placas de acero situadas como piezas centrales con un espesor mayor o igual a 2 mm, y en las que la placa de acero no sobresale de la superficie de la pieza de madera, el ancho b_{st} de la placa de acero deberá cumplir las condiciones definidas en la tabla E.7.

Tabla E.7. Anchos de las placas de acero con bordes sin proteger b_{st} .

| | Tiempo de estabilidad al fuego estándar (min) | b_{st} (mm) |
|--|---|---------------|
| Bordes sin proteger en general | R-30 | ≥ 200 |
| | (EF-30) | |
| | R-60 | ≥ 280 |
| | (EF-60) | |
| Bordes sin proteger en uno o dos lados | R-30 | ≥ 120 |
| | (EF-30) | |
| | R-60 | ≥ 280 |
| | (EF-60) | |

- 2 Los bordes de las placas de acero con una anchura menor que la anchura de la pieza de madera pueden considerarse como protegidas en los casos siguientes, figura E.10:
 - a) En placas con un grueso no superior a 3 mm donde el retranqueo d_g es mayor que 20 mm para una estabilidad al fuego R-30 (EF-30) y mayor que 60 mm para una estabilidad de R-60 (EF-60).
 - b) En uniones con filetes encolados o tableros derivados de la madera con un retranqueo d_g o grueso del panel h_p mayor que 10 mm para una estabilidad al fuego de R-30 (EF-30) y mayor que 30 mm para una estabilidad de R-60 (EF-60).

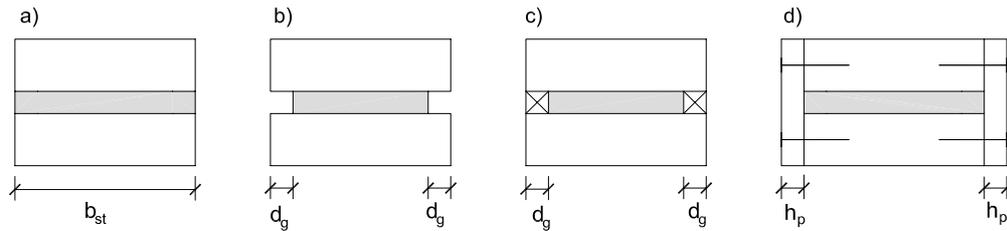


Figura E.10. Protección de los bordes de las placas de acero (no se muestran las conexiones entre la placa y la madera): a) sin proteger, b) protegidas con retranqueo, c) protegidas con filetes encolados, d) protegidas con tableros.

E.2.4.3 Uniones con placas de acero al exterior

E.2.4.3.1 Uniones no protegidas

- 1 La capacidad de carga de las placas de acero se determinará mediante la aplicación de las reglas definidas en la parte de acero de este documento, anejo SI D.
- 2 A los efectos del cálculo del factor de forma definido en el apartado 2.2.1 del anejo SI D, las superficies de acero en contacto con la madera se pueden considerar no expuestas al fuego.

E.2.4.3.2 Uniones protegidas

- 1 Las placas de acero utilizadas como piezas laterales pueden considerarse protegidas si están totalmente recubiertas por madera o productos derivados de la madera con un grueso mínimo igual a a_{fi} de acuerdo con la ecuación E.18 con $t_{fi,d} = 5$ min.

E.2.4.4 Tirafondos sometidos a carga axial

- 2 Las reglas contenidas en este apartado son de aplicación a los tirafondos sometidos a carga axial que se encuentren protegidos de la exposición directa al fuego.
- 3 La capacidad de carga se obtiene multiplicando la capacidad de carga en la situación normal de temperatura, de acuerdo con las indicaciones del capítulo 8 del DB SE-M por un coeficiente de reducción denominado factor de conversión, cuyo valor se expone a continuación.
- 4 Para las uniones del tipo de las representadas en la figura E.11 con:

$$d_2 \geq d_1 + 40 \quad (E.20)$$

$$d_3 \geq d_1 + 20 \quad (E.21)$$

siendo d_1 , d_2 y d_3 distancias en mm,

El factor de conversión η_{conn} se define en las ecuaciones siguientes:

$$\eta_{conn} = 0 \quad \text{para } d_1 \leq 0,6 \cdot t_{fi,d} \quad (E.22)$$

$$\eta_{conn} = \frac{0,44 \cdot d_1 - 0,264 \cdot t_{fi,d}}{0,2 \cdot t_{fi,d} + 5} \quad \text{para } 0,6 \cdot t_{fi,d} \leq d_1 \leq 0,8 \cdot t_{fi,d} + 5 \quad (E.23)$$

$$\eta_{conn} = \frac{0,56 \cdot d_1 - 0,36 \cdot t_{fi,d} + 7,32}{0,2 \cdot t_{fi,d} + 23} \quad \text{para } 0,8 \cdot t_{fi,d} + 5 \leq d_1 \leq t_{fi,d} + 28 \quad (E.24)$$

$$\eta_{conn} = 1,0 \quad \text{para } d_1 \leq t_{fi,d} + 28 \quad (E.25)$$

siendo:

d_1 recubrimiento lateral en mm, figura E.11.

$t_{fi,d}$ tiempo requerido de estabilidad al fuego en minutos.

- 5 El factor de conversión η_{conn} para recubrimientos laterales $d_2 = d_1$ y $d_3 \geq d_1 + 20$ mm deberá calcularse mediante las ecuaciones E.22 a E.25, donde $t_{fi,d}$ se sustituye por $1,25 \cdot t_{fi,d}$.

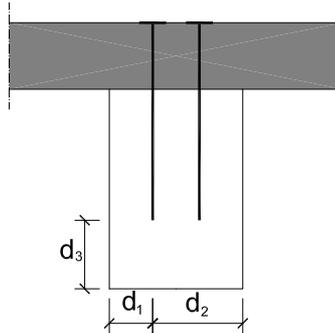


Figura E.11. Sección transversal y definición de distancias.

E.2.5 Disposiciones constructivas

E.2.5.1 Muros y forjados

E.2.5.1.1 Dimensiones y separaciones

- 1 La separación entre ejes de montantes de muros entramados y de viguetas de forjado no deberá superar los 625 mm
- 2 En los muros, los paneles individuales deberán tener un espesor mínimo $t_{p,min}$.

$$t_{p,min} = \max \left\{ \frac{l_p}{70}, 8 \right\} \quad (E.26)$$

siendo:

$t_{p,min}$ es el espesor mínimo del panel en milímetros

l_p es la luz del panel (separación entre las piezas del entramado o travesaños) en milímetros.

- 3 En los elementos constructivos con una simple capa en cada lado, los tableros derivados de la madera deberán tener una densidad característica de al menos 350 kg/m³.

E.2.5.1.2 Detalles de las uniones de los tableros

- 1 Los tableros deberán fijarse al entramado de madera o a los travesaños.
- 2 Para los paneles o tableros de madera o derivados de la madera fijados con clavos, la separación máxima entre clavos será de 150 mm. La profundidad mínima de penetración deberá ser ocho veces el diámetro del elemento de fijación para tableros portantes y seis veces el diámetro del elemento de fijación para los tableros no portantes. Si los paneles se fijan con tirafondos, la separación máxima será de 250 mm.
- 3 Los cantos de los tableros deberán quedar en contacto con una holgura máxima de 1 mm. Deberán fijarse a las piezas de madera o travesaños en al menos dos bordes opuestos. En el caso de capas múltiples este requisito se aplica a la capa externa.
- 4 En el caso de capas múltiples las juntas de los paneles deberán desfasarse al menos 60 mm. Cada panel se fijará de manera individual.

E.2.5.1.3 Aislamiento

- 1 Las capas de materiales aislantes o tableros que sean tenidos en cuenta en el cálculo deberán fijarse al entramado de madera de tal forma que se evite el fallo prematuro o descuelgue.

E.2.5.2 Otros elementos

- 2 Los tableros utilizados en la protección de elementos tales como vigas y pilares deberán fijarse a las piezas de acuerdo con las indicaciones de la figura E.12. Los tableros deberán fijarse directamente a la pieza y no a otro tablero. En los revestimientos consistentes en múltiples capas de tableros, cada capa deberá fijarse individualmente, y las juntas deberán desfasarse al menos 60 mm. La separación entre los elementos de fijación no deberá ser mayor que 200 mm. o 17 veces el grueso del tablero h_p , eligiendo el menor valor de ambos. En relación a la longitud del elemento de fijación, se aplicará lo indicado en E.2.5.1.2.(2), véase figura E.12 b). La distancia al borde no debe ser mayor que 3 ve-

ces el grueso del tablero h_p y no menor que 1,5 veces el grueso del tablero ó 15 mm., eligiendo el menor valor de ambos.

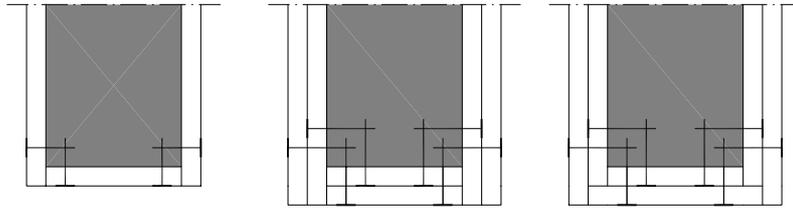


Figura E.12. Ejemplos de fijaciones para los tableros de protección

Anejo F Resistencia al fuego de los elementos de fábrica

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 sílico-calcáreo y los elementos de fábrica 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 puede adoptarse como valor de *resistencia al fuego* del conjunto la suma de los valores correspondientes a cada hoja.

La clasificación que figura en las tablas para cada elemento no es la única que le caracteriza, sino únicamente la que está disponible. Por ejemplo, una clasificación EI asignada a un elemento no presupone que el mismo carezca de capacidad portante ante la acción del fuego y que, por tanto, no pueda ser clasificado también como REI, sino simplemente que no se dispone de dicha clasificación.

Tabla F.1. Resistencia al fuego de muros y tabiques de fábrica de ladrillo cerámico o sílico-calcáreo

| Tipo de revestimiento | Espesor de la fábrica en mm. | | | Espesor de la fábrica en mm | | Espesor de la fábrica en mm | |
|-----------------------|------------------------------|-------------------|--------------------|--|---------------------|----------------------------------|---------------------|
| | Con ladrillo hueco | | | Con ladrillo macizo y ladrillo perforado | | Con bloques de arcilla aligerada | |
| | 40-50 | 80-100 | 110-120 | 110-120 | 200-240 | 140-190 | 240-290 |
| Sin revestir | (¹⁾) | (¹⁾) | (¹⁾) | REI-120 (RF-120) | REI-240 (RF-240) | (¹⁾) | (¹⁾) |
| Enfoscado | Por la cara expuesta | EI-60 (RF-60) | EI-90 (RF-90) | EI-180 (RF-180) | EI-240 (RF-240) | EI-180 (RF-180) | EI-240 (RF-240) |
| | Por las dos caras | REI-30 (RF-30) | REI-90 (RF-90) | REI-120 (RF-120) | REI-180 (RF-180) | REI-240 (RF-240) | REI-240 (RF-240) |
| Guarnecido | Por la cara expuesta | EI-60 (RF-60) | EI-120 (RF-120) | EI-180 (RF-180) | EI-240 (RF-240) | EI-240 (RF-240) | EI-240 (RF-240) |
| | Por las dos caras | EI-90 (RF-90) | EI-180 (RF-180) | EI-240 (RF-240) | EI-240 (RF-240) | EI-240 (RF-240) | EI-240 (RF-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 | Síliceo | Sin revestir | 100 | EI-15 (RF-15) |
| | | | 150 | REI-60 (RF-60) |
| | | | 200 | REI-120 (RF-120) |
| | Calizo | Enfoscado por las dos caras | 100 | EI-60 (RF-60) |
| | | | 150 | REI-90 (RF-90) |
| | | | 200 | REI-180 (RF-180) |
| | Volcánico | Sin revestir | 120 | EI-120 (RF-120) |
| | | | 200 | REI-180 (RF-180) |
| | | Guarnecido por la cara expuesta | 120 | EI-120 (RF-120) |
| | | | 90 | EI-180 (RF-180) |
| | | Guarnecido por la cara expuesta (enfoscado por la cara exterior) | 120 | EI-180 (RF-180) |
| | | | 200 | REI-240 (RF-240) |
| | Arcilla expandida | Sin revestir | 200 | REI-120 (RF-120) |
| Doble | Arcilla expandida | Sin revestir | 200 | REI-180 (RF-180) |