

MEDIDAS CONSTRUCTIVAS PARA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO EN LOS EDIFICIOS

LA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO EN LOS EDIFICIOS

Al diseñar un edificio es preciso que el proyectista conjugue diversos factores:

- Las necesidades funcionales del edificio, marcadas por la actividad a desarrollar y definidas por la propiedad, que determinarán la distribución racional del espacio disponible,
- La estética, que irá en función de las preferencias del proyectista y su cliente, así como de las circunstancias urbanísticas del edificio,
- La comodidad de los ocupantes,
- La economía, tratando de encontrar la mejor solución al menor costo posible, y
- La seguridad de los ocupantes habituales y usuarios temporales del edificio.

La habilidad para conjugar adecuadamente todos estos factores y lograr el diseño idóneo dependerá de la capacidad del proyectista y de las limitaciones circunstanciales que tenga.

El éxito de un diseño estará condicionado por que todos los factores confluentes se tengan en consideración desde las etapas iniciales. Muchos diseños fracasan, por tratar de adaptarlos a las normas de seguridad en una fase avanzada de su desarrollo.

La seguridad de un edificio respecto de los incendios puede ser muy sencilla o muy compleja en función del tipo de edificio y del tipo de ocupantes. En un extremo están las viviendas unifamiliares cuya problemática de seguridad es sencilla y en el otro los hospitales, algunos de cuyos ocupantes deben ser inicialmente considerados como inevacuables, o los centros de reclusión, en los que es problemático conjugar las medidas de seguridad para evitar la fuga de los internos y las medidas para conseguir una evacuación fluida en caso de incendio.

La legislación contempla los criterios básicos a considerar para hacer que un edificio sea intrínsecamente seguro, aunque posteriormente es preciso combinar la seguridad estructural con la potenciación de “comportamientos seguros” por parte de los ocupantes.

Las normativas contra incendios regulan unos requisitos de seguridad que deben considerarse como mínimos, y que habría que conjugar con otros factores como son las características específicas de los ocupantes o el valor patrimonial a proteger.



Figura 32.1. Las medidas de protección contra incendios en un edificio dependen de su uso y de su configuración.

Es claro que no serán iguales las medidas de seguridad a adoptar en un edificio residencial cuyos ocupantes mayoritarios sean deficientes visuales o deficientes psíquicos que en una residencia cuyos ocupantes no sean discapacitados.

Las normas no suelen contemplar las características particulares de los ocupantes y están redactadas para casos generales.

También es evidente que las medidas de seguridad a adoptar en un museo con obras de gran valor, no deben ser las mismas que las de una sala de exposiciones convencional donde el valor patrimonial de los objetos expuestos es bajo.

La normativa general española relativa a las medidas de protección contra incendios de que deben estar dotados los edificios y establecimientos está recogida en el Código Técnico de la Edificación, concretamente en dos de sus Documentos Básicos: el DB SI sobre seguridad en caso de incendios y en algunos apartados del

Páginas suprimidas en esta muestra

En otros casos a la vía de evacuación no solo se le exige sectorización, sino también que esté adecuadamente ventilada para que el humo que eventualmente penetre en ella pueda salir y no afecte a los ocupantes. A este tipo de vías se les denomina en la normativa española “protegidas”, pudiendo ser pasillos protegidos o escaleras protegidas. Por ejemplo, en el caso de la evacuación por un incendio hacia una escalera protegida, el humo del incendio puede penetrar en el recinto de la escalera mientras los ocupantes atraviesan la puerta y antes de que esta se cierre. La función de la ventilación en la escalera es poder evacuar ese humo.

En algunos casos las escaleras deben ser “especialmente protegidas”. Este mayor grado de protección exige que entre la escalera y los demás recintos no haya solo una puerta resistente al fuego, sino un vestíbulo con dos puertas, debiendo ser ambas resistentes al fuego. El vestíbulo debe estar también ventilado, con conductos de ventilación independientes de cualquier otro, para que el humo que penetre en dicho vestíbulo durante la evacuación pueda ser eliminado sin que llegue a la escalera. En España se exige este tipo de escaleras especialmente protegidas en algunos usos cuando la altura de la escalera supera unos límites determinados, variable según cada tipo de uso, por ejemplo en hospitales cuando la altura de evacuación supera 14 m.

Dimensionamiento de las salidas

Los pasillos, así como las puertas, deben tener el ancho suficiente para acoger al flujo de evacuación previsible. La normativa española exige un ancho de 1 metro por cada 200 personas para pasillos, y un metro por cada 160 personas para escaleras, con un mínimo de 1 metro en ambos casos.

Para las puertas se admite un ancho mínimo de 0,80 metros y la exigencia de abrir en el sentido de la evacuación cuando el número de personas que este previsto la utilicen sea mayor de 100. Hay también otros criterios adicionales que regulan casos particulares de puertas escaleras y pasillos.

A los efectos de calcular el número y dimensiones de las vías de evacuación, la normativa establece el número de ocupantes de cada recinto según su uso.

Disponibilidad de las vías de evacuación

El mantenimiento correcto de las vías de evacuación es uno de los problemas principales, sobre todo en los establecimientos destinados a recibir público, ya que puede ocurrir que las salidas de emergencia se man-

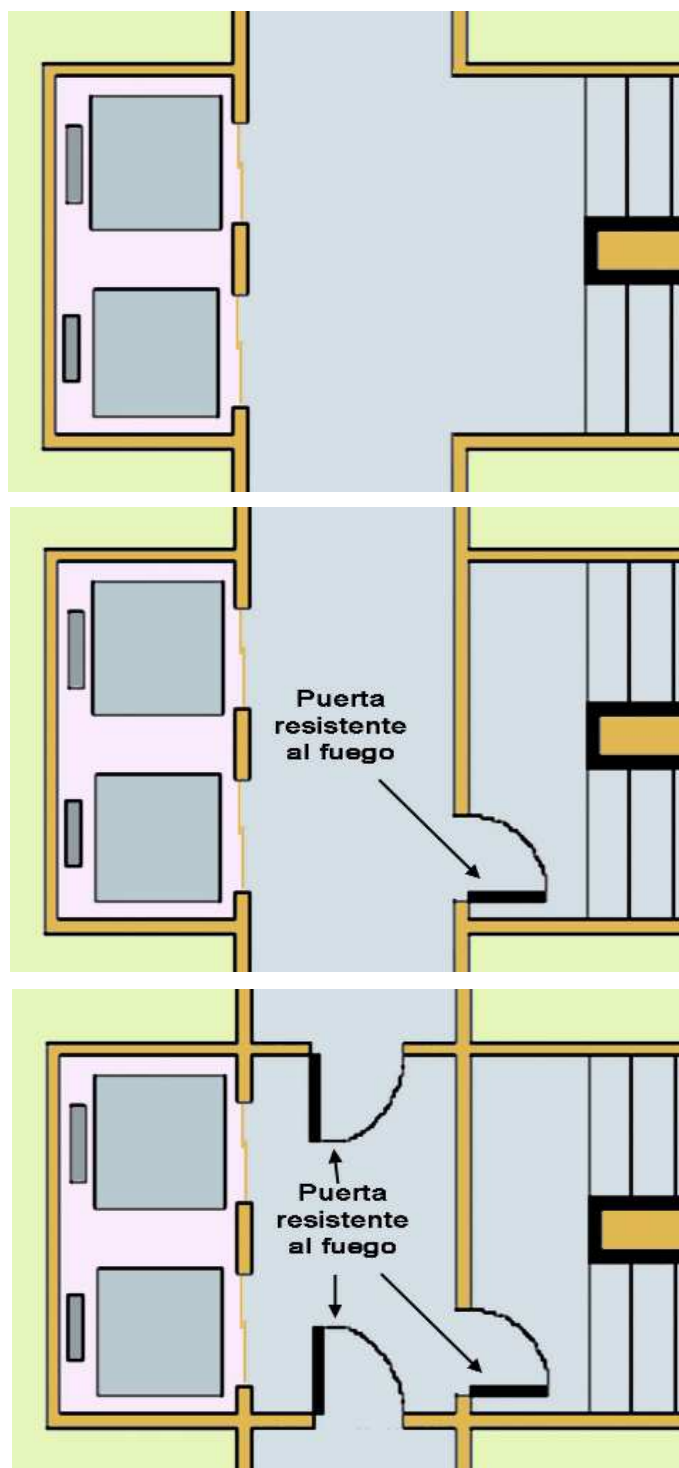


Figura 32.3. A una escalera protegida se accede mediante una puerta resistente al fuego, y a una especialmente protegida, a través de un vestíbulo con puertas resistentes al fuego.

tengan cerradas con llave o bloqueadas de otro modo, siendo inutilizables o suponiendo un serio obstáculo cuando se presente una emergencia real.

Otra cuestión importante a considerar en las vías de evacuación es la señalización e iluminación ya que cuando las salidas habituales están afectadas por el incendio, es imprescindible que sea fácil la localización

Páginas suprimidas en esta muestra

compartimentaciones y utilización de compuertas automáticas en conductos de aire acondicionado o similares que penetren en el sector.

De este modo se consigue constituir un espacio que pueda resistir al fuego durante un cierto tiempo prefijado, bien para evitar que el fuego se propague desde ese a otro sector, o para que los ocupantes de ese sector puedan resistir en él cuando el fuego esté en otro sector contiguo.

Pero el que el sector resistiese no sería suficiente si la estructura del edificio no soportase los efectos de fuego. Así pues tanto los elementos de delimitación de los sectores como los elementos estructurales deben tener una adecuada resistencia al fuego para proteger a los ocupantes.

RESISTENCIA AL FUEGO DE LOS ELEMENTOS DE COMPARTIMENTACIÓN

La demora en la propagación del incendio de un edificio por el interior del mismo se consigue mediante medidas de compartimentación y con el control de la combustibilidad de los materiales de construcción.

Para evitar la propagación de un sector a otro por el exterior del edificio hay que controlar las características de fachadas y las de las cubiertas.

La compartimentación puede asegurarse separando los sectores mediante elementos resistentes al fuego y protegiendo las escaleras y pasillos que comuniquen sectores de incendio.

Indicación de la resistencia al fuego

Los elementos de compartimentación deben resistir durante un determinado tiempo las condiciones del incendio. Para ello se ensayan en laboratorios homologados exponiéndolos al fuego en un horno durante el tiempo que se supone tiene un efecto térmico igual al de un incendio real en el sector de incendio, y se clasifican según el tiempo que resisten dichas condiciones. Estas condiciones de temperatura-tiempo del horno están normalizadas.

La clasificación de un elemento se establece por el tiempo que soporta las condiciones del ensayo. En el caso de los elementos estructurales tales como pilares o vigas es preciso comprobar que mantienen su capacidad portante, es decir que siguen soportando las cargas a las que están sometidos durante el ensayo.

En el caso de los elementos no portantes, que solo son compartimentadores, como una puerta, un tabique o un cristal, lo único que interesa comprobar es el tiempo que son capaces de mantener su capacidad de compartimentación durante el ensayo.

Para ello en la normativa europea se establecen tres parámetros característicos:

- R** Mantenimiento de la capacidad portante durante el ensayo
- E** Mantenimiento de su integridad estructural para evitar el paso de llamas o gases
- I** Aislamiento térmico

La clasificación de un producto como resistente al fuego, viene acompañada de un número que identifica el tiempo en minutos en que se mantienen sus condiciones durante el ensayo. La escala de tiempos es: 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240.

Un elemento portante se clasifica como *R60* si expuesto a las condiciones del ensayo mantiene su capacidad de soportar la carga durante 60 minutos.

Se clasificará como *E60* un elemento que durante 60 minutos si se mantiene estable y no permite el paso de llamas o gases en la cara no expuesta, es decir en la que está en la parte exterior del horno.

Un elemento se clasifica como *I60* cuando durante 60 minutos el incremento de temperatura en los sensores situados en la cara no expuesta no supera 140°C en promedio, ni ninguno de ellos llega a más de 180°C por encima de la temperatura inicial del ensayo, con un máximo de 220 °C.

Un elemento no portante, por ejemplo un tabique o una puerta, se cataloga como resistente al fuego *EI* un cierto tiempo, cuando, durante ese tiempo, mantiene su inte-



Figura 32.6. Ensayo en un laboratorio de puertas resistentes al fuego, montadas sobre la pared del horno de ensayo.

gridad estructural, es estanco a los humos, y no deja pasar la radiación térmica desde el lado expuesto al fuego al lado no expuesto. La certificación *EI-60* identifica a un elemento no portante resistente al fuego 60 minutos.

Los elementos estructurales portantes resistentes al fuego se clasificarán como *REI*, ya que, además, deben mantener su capacidad portante. La certificación *REI-90* identifica a un elemento portante resistente al fuego 90 minutos

Cuando el elemento contiene el fuego y el humo manteniendo su estabilidad, pero deja pasar la radiación térmica, se cataloga como parallamas *E*.

Hay otros parámetros que pueden ser exigibles a un elemento. Por ejemplo, las puertas resistentes al fuego tienen la obligación de disponer de un sistema de cierre automático certificado con el índice *c5* que indica que ha sido ensayado para seguir operativo durante 200.000 ciclos de apertura y cierre.

El indicativo de una puerta resistente al fuego siempre irá seguido por ese índice: por ejemplo *EI60-c5*. En realidad la *I* aparece siempre con un subíndice 2 en la normativa española (*EI₂60-c5*), que indica la más exigente de una de las dos posibles condiciones de ensayo de aislamiento térmico.

La compartimentación no puede romperse tampoco por el paso de instalaciones eléctricas, tuberías, etc.,

por lo que dichos pasos deben sellarse con elementos resistentes al fuego.

Es preciso tener también en cuenta que los pasos de las instalaciones eléctricas que atienden a sistemas de protección contra incendio deben resistir también el fuego durante el tiempo suficiente para cumplir su misión. Existen, por ejemplo, en el mercado cables resistentes al fuego, especialmente útiles para este cometido.

En función de la actividad que se desarrolle en el edificio y de las características de los ocupantes, el edificio debe estar diseñado para resistir al incendio durante más o menos tiempo.

El concepto de compartimentación de una misma planta en dos o más sectores, introduce el concepto de "evacuación horizontal" dentro de la planta, lo que supone no tener que bajar escaleras para ponerse a salvo. Este concepto se utiliza fundamentalmente en hospitales.

Puertas resistentes al fuego

Una puerta resistente al fuego se utiliza para comunicar sectores de incendio diferentes.

Las puertas resistentes al fuego pueden ser de varios tipos: abatibles sobre eje vertical, deslizantes, y enrollables. De entre ellas, solo las abatibles sobre un eje vertical cubren todos los requisitos para ser utilizadas como vías de evacuación. Por tanto, las zonas que estén cerradas con puertas resistentes al fuego no adecuadas para evacuación, es decir deslizantes o enrollables, deben estar dotadas de otras puertas normales para evacuar.



Figura 32.7. Puerta resistente al fuego con muelles, selector de cierre, y retenedores magnéticos.



Figura 32.8. Ensayo de puerta resistente al fuego, en el momento en que se inflaman los gases en el exterior del horno.

Páginas suprimidas en esta muestra



Figura 32.11. Compuerta cortafuego para sectorizar conductos de aire acondicionado.

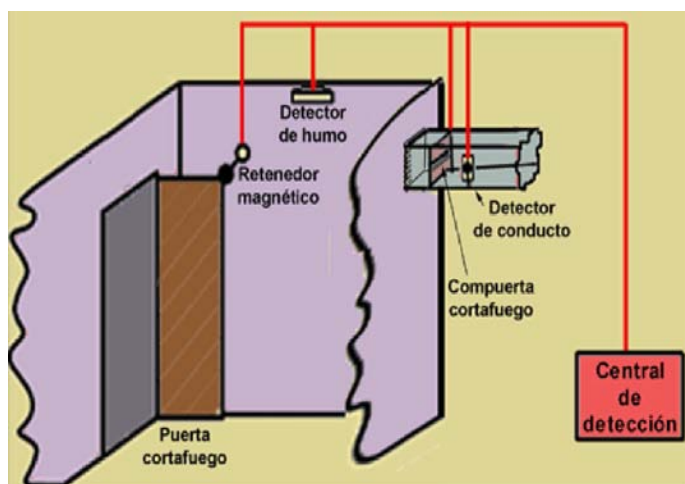


Figura 32.12. Las puertas retenidas y las compuertas cortafuego se cierran comandadas por el sistema de detección de incendios.

compuertas de cierre automático para mantener la sectorización.

Por ejemplo, en una planta de hospitalización de un hospital se exigen al menos dos sectores por planta. Con ello se pretende que no sea necesario evacuar a los pacientes hospitalizados a otra planta (con los consiguientes inconvenientes), sino que baste una evacuación horizontal hacia el otro sector para ponerlos a salvo del fuego.

En este caso los dos sectores estarán conectados por puertas resistentes al fuego (EI), y los conductos de aire acondicionado que atravesen los tabiques de separación entre ambos sectores deben estar cerrados por compuertas de cierre automático, situadas sobre el mismo tabique de separación.

Los mismos criterios exigidos a las puertas cortafuego se exigen a las compuertas de cierre de conductos de aire acondicionado, es decir, una compuerta puede tener la mitad de la resistencia exigida al tabique en el que está instalada.

Sellado de canalizaciones que atraviesen sectores de incendio

Las canalizaciones que atraviesen tabiques que separan sectores de incendios deben sellarse para mantener la compartimentación y evitar la propagación a través de tales huecos de los humos o llamas. Alternativamente, en el caso de patinillos de cables o tuberías puede optarse por instalar elementos resistentes al fuego en los accesos a dichos patinillos en cada sector de incendio.

Para cerrar herméticamente los conductos de penetración de cables, canalizaciones, tuberías y bandejas de cables, a través de muros de bloques de hormigón y de ladrillo clasificados como resistentes al fuego, y a través de losas de pisos de hormigón, se utilizan elastómeros de silicona resistentes al fuego, que se inyectan directamente en forma de espuma sobre la obra. El material se dilata y fragua formando un sello completamente estanco pero elástico.



Figura 32.13. Sellado de pasos de cables con sistema permanente o con sacos intumescentes para mantenimiento frecuente.

Páginas suprimidas en esta muestra



Figura 32.18. Daños causados por el fuego en un forjado de hormigón.



Figura 32.17. Algunos ejemplo de estructuras de acero sin proteger afectadas por el fuego.



Figura 32.19. Comparación de un elemento de madera antes y después de ser afectado por el fuego, apreciándose la pérdida de sección.

peraturas alcanzadas en un incendio son muy superiores a las del límite de resistencia del acero. No obstante el comportamiento de la estructura de acero puede ser muy variable en función de las características del entramado.

Al calentarse el acero se dilata, por lo que una viga de acero afectada por un incendio aumentará de longitud y empujará a los pilares laterales a los que está unida. Si estos pilares soportan el esfuerzo y no se deforman, la viga tenderá a deformarse, doblándose o girando.

Estos esfuerzos de empuje y torsión pueden hacer colapsar a una estructura metálica rápidamente. Incluso las tareas de extinción pueden afectar al comportamiento de la estructura metálica.

Una viga que se ha dilatado empujando a los pilares laterales puede contraerse debido al enfriamiento producido por el agua utilizada por los bomberos, o al finalizar el incendio, creando también condiciones estructuralmente peligrosas. Debido a esto, las estructuras metálicas deben protegerse para hacerlas estables al fuego.

Las estructuras de hormigón armado son las más resistentes al fuego, ya que el hormigón contiene agua en su composición que va evaporándose manteniendo relativamente baja la temperatura.

Si el fuego se mantiene durante suficiente tiempo, el hormigón perderá su humedad y se descascarillará o agrietará, dejando expuestas las varillas de acero que componen su armadura, o limitando el aislamiento de estas. Una vez que la dilatación de las varillas del armado alcanza un nivel crítico los daños serán irreversibles y la estructura se debilitará.

Las estructuras de madera sin proteger no son demasiado resistentes al fuego, ya que este va consumiendo la madera y disminuyendo progresivamente su sección. No obstante, la madera al arder forma una costra aislante que ralentiza la penetración del fuego. Comparativamente, una estructura de madera soportará mayores temperaturas antes de colapsar que una estructura de acero sin proteger.

PROTECCIÓN DE ESTRUCTURAS PARA MEJORAR SU RESISTENCIA AL FUEGO

La protección de las estructuras para mejorar su resistencia al fuego se realiza revistiendo el elemento estructural con un material aislante térmico. Cualquier material utilizado para proteger a un elemento de acero debe ser muy estable a temperaturas elevadas, tener baja conductividad térmica y ser susceptible de fijarse o adaptarse a tal elemento.

Protección de estructuras metálicas

Para proteger estructuras metálicas se incluyen los siguientes materiales:

- Fibras aplicadas por proyección. Estas fibras pueden ser minerales, cerámicas o sintéticas
- Morteros a base de yeso y cemento con áridos ligeros (vermiculita, perlita, etc.), aplicados por proyección o manualmente con llana.
- Envolturas de planchas aislantes (de escayola, cartón-yeso, vermiculita prensada, etc.)
- Hormigón, como elemento de revestimiento del acero.
- Pinturas intumescentes, que reaccionan con el calor esponjándose y creando una capa aislante térmica, que retrasa el calentamiento del elemento de acero sobre el que están aplicadas.

Los morteros para protección de estructuras pueden estar compuestos de diversos productos ligados a base de agua. Su composición puede incluir:

- ligantes hidráulicos, como cemento, yeso o cal,
- cargas minerales, como perlita, vermiculita o fibras minerales
- aditivos, como retenedores de agua, endurecedores, o potenciadores de la adherencia.

Los morteros deben aplicarse sobre la superficie metálica una vez que esté limpia, sin óxido y protegida con una imprimación para permitir una buena adherencia, y en algunos casos se debe intercalar una malla de refuerzo entre el elemento metálico y el mortero.

La aplicación puede ser manual o por proyección mediante equipos de bombeo. El acabado puede ser liso o rugoso, y pueden aplicarse encima pinturas decorativas. Son rápidos y fáciles de instalar por proyección, teniendo una buena resistencia mecánica. Mediante una protección con morteros pueden llegar a alcanzarse resistencias al fuego de la estructura de hasta 240 minutos.

Con la aplicación de pinturas intumescentes pueden alcanzarse una resistencia al fuego de hasta 60 minutos.

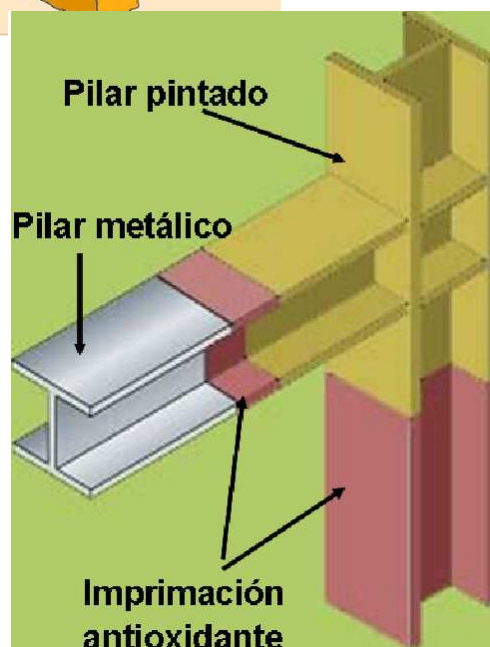
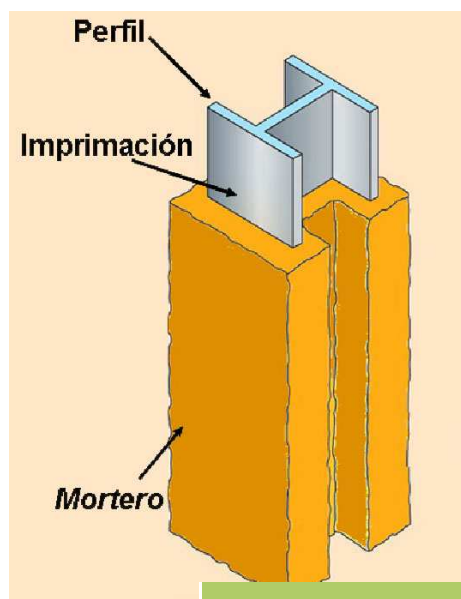


Figura 32.20. La protección mediante morteros o con pinturas intumescentes para mejorar su resistencia al fuego, suele requerir una preparación previa del perfil, para conseguir una mejor adherencia.

tos. Estas pinturas intumescentes son un sistema de protección reactivo, ya que sus componentes, al calentarse, generan una espuma aislante, mediante reacciones endotérmicas.

No deben confundirse las pinturas intumescentes con las pinturas ignífugas que se utilizan para mejorar la reacción al fuego de un revestimiento, ya que aunque estas últimas no contribuyen al incendio no protege al soporte sobre el que están aplicadas.

Las pinturas intumescentes pueden ser pinturas al agua, con disolvente o mixtas. Deben aplicarse después de una capa de imprimación, pudiendo hacerse con brocha, rodillo o pistola.

Páginas suprimidas en esta muestra



Figura 32.23. Los elementos intumescentes incrementan su volumen al calentarse, creando una capa aislante térmica.

Los textiles ignifugados deben someterse a procesos de envejecimientos acordes con su uso y ensayarlos después para obtener su clasificación. Por ello, para cumplir las normas de protección contra incendio, no son admisibles los tratamientos de ignifugación "in situ" realizados frecuentemente hace años.

Los revestimientos de madera pueden tratarse con barnices o pinturas ignifugantes para mejorar su clase de reacción al fuego.

Los barnices y pinturas ignifugantes son intumescentes, es decir, al calentarse generan una capa esponjosa de gran aislamiento térmico, que mantiene aislado del fuego al material base. Estos barnices y pinturas se ensayan para clasificarlos en relación con su reacción al fuego.

Los espesores y las condiciones de aplicación deben ser similares a los del ensayo para que puedan considerarse con la clase obtenida mediante este.

EVACUACIÓN Y CONTROL DE LOS HUMOS

El humo procedente de un incendio en un recinto se eleva en forma de penacho hacia el techo; se esparce por debajo del techo y forma una capa que se hace más profunda según el recinto empieza a llenarse de humo.

Al incrementarse el espesor de la capa se incrementa la temperatura en el recinto y disminuye la visibilidad. Cuando la altura libre de humos desciende por debajo de 2,5 m, la evacuación comienza a estar comprometida. Por lo tanto, es necesario que los gases calientes y humos se mantengan siempre separados de las personas que escapan.

En centros de elevado nivel de ocupación, como centros comerciales, si no hay medidas de control de humos, los gases pueden fluir a una velocidad mayor que la velocidad probable de evacuación de las personas. De este modo, un establecimiento de una sola planta podría llenarse de humo en minutos. En un incendio en un centro comercial de Inglaterra una galería de 100 metros de longitud quedó impracticable en solo un minuto.

En casos de edificaciones de varias plantas el humo se dirigirá hacia plantas superiores causando idénticos problemas.

Así pues es necesario considerar la evacuación de humos como medida de seguridad para las personas. El principio a establecer es mantener la capa de humo por encima de las cabezas de los ocupantes.

Las características esenciales en un sistema de evacuación de humos de incendio son:

- Instalar elementos que impidan la expansión lateral del humo manteniendo la capa de humo por encima de la altura de la cabeza (zonas de humo).
- Instalar un equipo de extracción de humo dentro de la zona de humo para impedir que crezca la capa de humo por debajo de lo previsto. Esta extracción podrá ser natural o mecánica dependiendo de las circunstancias.
- Debe entrar aire fresco en la zona para ocupar el lugar del humo que sale, y a un nivel lo suficientemente bajo para que no se mezcle prematuramente con el humo. El caudal que sale debe ser igual al que entra por debajo.

Se utilizan diversos criterios para el diseño de los sistemas de evacuación de humo que están en función de las características del edificio y del uso al que se destina, lo que determinará la cantidad y características del humo que se producirá en caso de incendio.

Para ventilación natural se utiliza un porcentaje de entre el 0,25 y el 0,30% de la superficie del establecimiento, y para ventilación forzada de 6 renovaciones to-



Figura 32.24. Los sistemas de control de humo se diseñan para evitar que el humo inunde las vías de salida y dificulte la evacuación en caso de incendio.

tales del aire por hora, pero en ocasiones estos parámetros pueden no ser correctos, siendo necesario un cálculo específico.

Diseño de los sistemas de ventilación de humos

Para evitar que la masa de humo se enfríe y pierda velocidad ascensional, se limita la superficie de la zona de humo, o zona máxima que debe inundar este.

Para ello, si no hay una separación física de estas zonas se instalan barreras de humo que son unas pantallas que descienden del techo para delimitar la zona de humo.

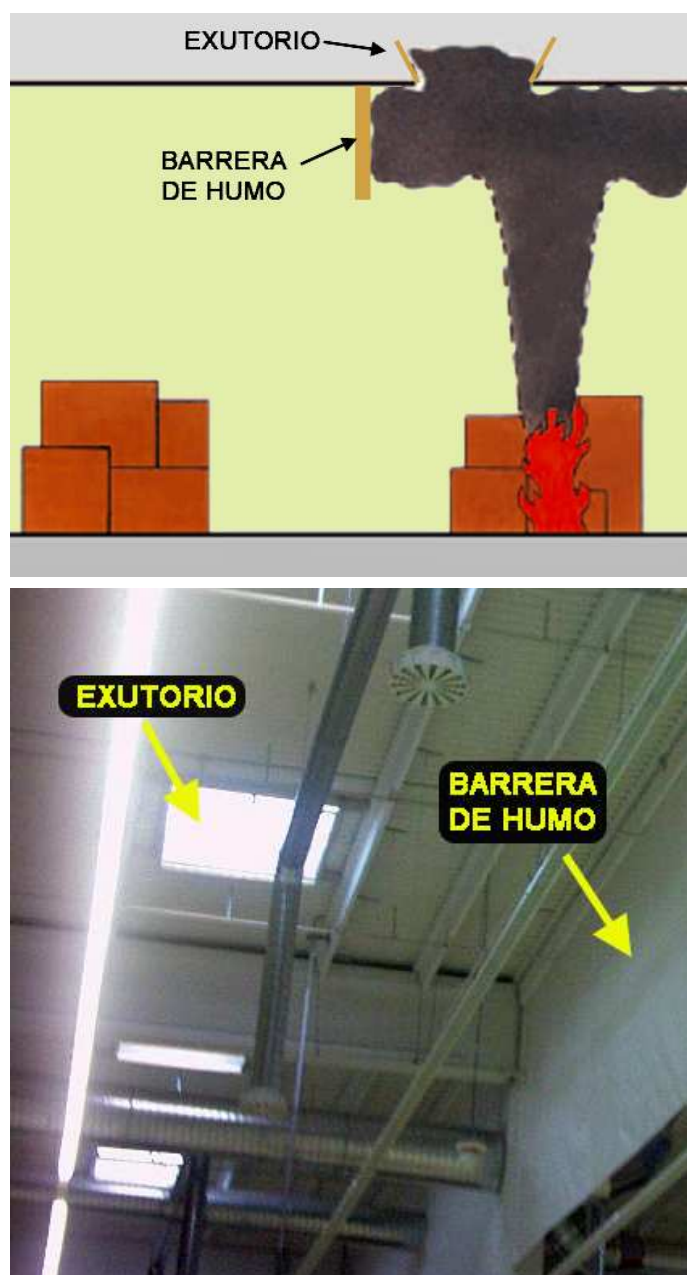


Figura 32.25. Las barreras limitan la propagación horizontal del humo, y los exutorios permiten su salida al exterior.

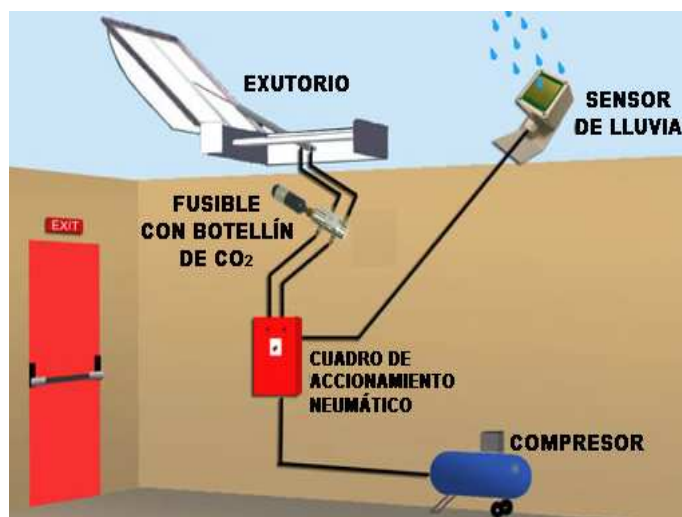


Figura 32.26. Sistema de accionamiento neumático de un exutorio, con compresor, botellín de CO_2 , y fusible. La activación puede ser automática o manual.

Estas barreras pueden ser fijas o desplegadas automáticamente en caso de que se detecte un incendio. Esta última solución con cortinas automáticas de materiales textiles resistentes al fuego, se utiliza en algunos centros comerciales por su mejor estética.

La máxima separación entre barreras de humo suele ser de 60 m, y correspondería a la máxima longitud que los ocupantes tendrían que recorrer con humo sobre sus cabezas.

Los exutorios, o salidas de humo, se reparten homogéneamente en las zonas de humo delimitadas por las barreras.

Las dimensiones de las barreras de humo se establecen de acuerdo con los parámetros de diseño, de modo que la capa libre de humo sea de 2,5 m de altura como mínimo para que el humo no alcance a los ocupantes durante la evacuación. El criterio genérico es que las barreras desciendan 0,5 m por debajo de la capa de humo calculada.

La cantidad de humo se calcula mediante fórmulas que tienen en cuenta la superficie previsible del incendio y la carga de fuego de los materiales contenidos en la zona.

La superficie efectiva de los huecos de salida de humos para ventilación natural o exutorios se calcula para extraer el caudal de humo previsible según los cálculos. El número mínimo es, en general, de 1 por cada 400 m^2 con una separación máxima entre ellos de 20 metros. Se calculan también las entradas de aire, para mantener una corriente de evacuación de humo adecuada. Las puertas de acceso pueden computarse como aberturas de entrada de aire fresco, así como otros exutorios de zonas no inundadas de humo.

Páginas suprimidas en esta muestra