6

Protección:
Incendio

Instituto Técnico
de la Estructura
en Acero



ITEA

ÍNDICE DEL TOMO 6

PROTECCIÓN: INCENDIO

Lección 6.1: Introducción a la Seguridad ante el incendio 1

1 APROXIMACIÓN GLOBAL A LA SEGURIDAD FRENTE A UN INCENDIO 4

1.1 Pérdidas debidas a los incendios 4

1.2 El riesgo de incendio 5

1.3 Objetivos de la seguridad frente a los incendios 6

1.4 Distintos enfoques para la seguridad ante un incendio 7

1.4.1 Enfoque estructural para la seguridad en un incendio 8

1.4.2 Enfoque de vigilancia 9

1.4.3 Enfoque de extinción 10

1.5 Efectividad económica 10

2 REVISIÓN DE LOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA ESTRUCTURAL DURANTE UN INCENDIO DE LOS ELEMENTOS CARGADOS 12

2.1 Requerimientos de resistencia frente al incendio actuales: Método de Evaluación 1 12

2.2 Requerimientos de resistencia basados en la T- equivalente = Método de Evaluación 2 13

2.3 Métodos de cálculo basados en incendios reales = Método de Evaluación 3 14

2.3.1 Introducción 14

2.3.2 Incendios compartimentados = Métodos de Evaluación 3a 15

2.3.3 Modelos de incendio = Método de Evaluación 3b 15

2.4 Algunas reflexiones sobre los requerimientos de resistencia durante un incendio cuando se usan medidas de protección activas 16

3 RESUMEN FINAL 18

4 BIBLIOGRAFÍA 18
5 BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL 19

Lección 6.2: Principios de Análisis Termodinámico 21

1 INTRODUCCIÓN 24
2 ECUACIÓN DE TRANSFERENCIA DE CALOR 26
3 CALENTAMIENTO DE SECCIONES DE ACERO 27
4 RESPUESTA TÉRMICA DE ELEMENTOS MIXTOS DE ACERO Y HORMIGÓN 31
4.1 Introducción 31
4.2 Respuesta térmica de pilares mixtos 31
4.3 Respuesta térmica de forjados mixtos 32
5 RESUMEN FINAL 34
6 BIBLIOGRAFÍA 34
7 BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL 34

Lección 6.3: Principios de Análisis Estructural 35

1 INTRODUCCIÓN 38
2 CARGA APLICADA 39
3. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE DURANTE UN INCENDIO 40
4 CAPACIDAD RESISTENTE DE LOS ELEMNTOS ESTRUCTURALES 41
4.1 Elementos sometidos a tracción 41
4.2 Pilares 41
4.3 Vigas 42
4.3.1 Vigas simplemente soportadas 42
4.3.2 Viga contínua 42
4.4 Viga pilar 43
4.5 Parámetros principales 43
4.6 Elementos de acero con una distribución de temperaturas no uniforme 43

5 CAPACIDAD RESISTENTE DE ELEMENTOS MIXTOS 45
5.1 Viga mixta 45
5.2 Forjados mixtos 46
5.3 Pilares mixtos 46
6 CONEXIÓN ENTRE ELEMENTOS 48
7 RESUMEN FINAL 49
8 BIBLIOGRAFÍA 49
9 BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL 49

Lección 6.4: Métodos Prácticos de Alcanzar la Resistencia al Incendio 51

1 INTRODUCCIÓN 54
2 ESTRUCTURAS NO PROTEGIDAS 56
3 ESTRUCTURAS DE ACERO PROTEGIDAS 57
4 CONSTRUCCIÓN MIXTA 61
5 SECCIONES DE ACERO PARCIALMENTE EXPUESTAS 63
6 PROTECCIÓN MEDIANTE PANTALLAS 64
7 ESTRUCTURA EXTERIOR 65
8 REFRIGERACIÓN POR CIRCULACIÓN DE AGUA FRÍA 66
9 RESUMEN FINAL 67
10 BIBLIOGRAFÍA 67
11 BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL 67

Lección 6.5: Ejemplos de cálculo 69

EJEMPLO 1: TEMPERATURA CRÍTICA DE UN ELEMENTO CARGADO 72
EJEMPLO 2: TEMPERATURA CRÍTICA DE UNA VIGA 73
EJEMPLO 3: TEMPERATURA CRÍTICA DE UNA COLUMNA 74
EJEMPLO 4: PROTECCIÓN FRENTE AL INCENDIO DE VIGAS DE ACERO 75
EJEMPLO 5: MOMENTO RESISTENTE DE UNA VIGA MIXTA 76
EJEMPLO 6: TEMPERATURA EQUIVALENTE DE UN INCENDIO REAL 78

ESDEP TOMO 6
PROTECCIÓN: INCENDIO

Lección 6.1: Introducción a la Seguridad ante el Incendio

OBJETIVOS/CONTENIDO

Se introducirá una aproximación global a la seguridad ante los incendios. Se dará un repaso general de los métodos de análisis de la resistencia ante un incendio de elementos sometidos a cargas.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

Ninguno.

LECCIONES AFINES

Lección 6.2:	Principios de Análisis Termodinámico
Lección 6.3:	Principios de Análisis Estructural
Lección 6.4:	Métodos Prácticos de Lograr la Resistencia contra el Incendio

RESUMEN

Con el objetivo de presentar el concepto de seguridad ante un incendio, que tenga en cuenta los aspectos estructurales, de detección y de extinción, se describirán las pérdidas durante un incendio, la probabilidad o riesgo de un incendio y los objetivos de la seguridad ante un incendio. Se investigará la eficiencia económica y se presentarán los distintos enfoques de evaluación de la resistencia estructural ante un incendio. También se describirán los efectos de las medidas activas de protección frente a incendios.

1. APROXIMACIÓN GLOBAL A LA SEGURIDAD FRENTE A UN INCENDIO

1.1 Pérdidas debidas a los incendios

Una investigación a escala internacional sobre las pérdidas ocasionadas por incendios arroja los siguientes resultados:

Perdidas humanas: 4 a 34 muertes por millón de habitantes.

Pérdidas económicas: 1,6 a 5,9 0/00 del PIB (Producto Interior Bruto).

Para obtener una perspectiva global sobre el riesgo de pérdidas humanas en incendios en edificios es interesante comparar las estadísticas con otras causas de accidentes mortales:

Actividad	Accidentes mortales por persona, para una media estimada de vida de 70.
Motocicletas (G.B.)	4,1
Vuelos regulares (EE.UU.)	1,5
Media por enfermedad (EE.UU.)	0,7
Conducir un coche (EE.UU.)	0,6
Conducir un coche (G.B.)	0,4
En casa - media (excluida enfermedad)	0,02
En casa - sobre total de personas no disminuidas	0,01
Incendios en hoteles (G.B.)	0,01
Incendios en casas particulares (G.B.)	0,001
Desastres naturales (EE.UU.)	0,0001

Tabla 1 Comparación de estadísticas de defunciones debidas a diferentes causas accidentales. Fuentes [1] [2] [3])

A pesar de que el riesgo de pérdida de vidas en incendios es muy bajo en comparación con otras causas de muertes, existe una tendencia a que los incidentes que provocan muertes múltiples, es decir, alrededor o por encima de 5 defunciones, tengan un eco muy importante en diarios y en la opinión pública. Comparten esta consideración con actividades como el transporte aéreo o los terremotos.

Un desglose de las defunciones debidas a incendios, atendiendo a su localización, muestra que entre el 80 y el 85% de las muertes que se producen en casas particulares y tan solo un 10% en edificios públicos. Por otra parte, aproximadamente el 95% de todas las muertes se deben principalmente al humo y muy pocas a las temperaturas alcanzadas.

Una investigación sobre los incendios no domésticos en Holanda y Francia demuestra que las pérdidas económicas en los contenidos superan las pérdidas las sufridas en los propios edificios [4]

Pérdidas en los contenidos	43%)
Pérdidas asociadas o consecuentes	6%)4/5
Pérdidas de los mismos edificios	21%)1/5

Esto indica que el daño ocasionado al contenido y las pérdidas consecuentes, son más significativos que los daños a los propios edificios.

El coste global de los incendios en Europa incluye las siguientes partidas:

(en 0/00)

- pérdidas en los edificios y en sus contenidos 2 - 5
- pérdidas asociadas 0.2 - 3
- muertes 0.3 - 2

- costes de los servicios de incendios 1 - 3
- costes administrativos de los seguros de incendios 1 - 3
- costes en investigación y concienciación 0.1 - 0.5
- costes de las medidas de seguridad instaladas en edificios 2 - 5

y varían entre el 1.3 y el 2% del P.I.B.. El último punto, es decir, el coste de las medidas de seguridad, representa, como media, entre el 1 y el 3% del total de los costes del edificio. En la mayoría de los países un desembolso importante en medidas de seguridad conlleva una reducción de las pérdidas, tanto directas como indirectas y de vidas humanas . A pesar de ello es de máxima importancia analizar la efectividad económica de estas medidas, o en otras palabras, los frutos aportados por cada inversión en cada una de las medidas de protección adaptadas. Esto se hará en el apartado 1.5.

1.2 El riesgo de incendio

El medio más usual de cuantificar el riesgo de incendio se expresa de la siguiente manera:

$$R_{incend.} = P \times L_{ext}$$

donde $R_{incend.}$ = Riesgo de incendio

P = la probabilidad de ocurrencia de un incendio

L_{ext} = extensión probable del total de perdidas.

$R_{incend.} < R_{aceptada}$

$R_{aceptada}$ representa el riesgo admisible, que varía en cada país.

El riesgo R nunca puede ser nulo y es necesario aceptar un cierto nivel de riesgo para cada tipo de edificio y uso del mismo. Este nivel dependerá del número de habitantes, su facilidad para evacuar el edificio y el valor de los bienes expuestos al incendio.

La tabla 2 suministra algunas indicaciones sobre la ocurrencia de incendios en diferentes tipos de edificios.

Distintos usos del edificio	Fuente	Número de incendios por millón de m^2 superficie en planta y por año
INDUSTRIAL	Gran Bretaña [5] Alemania [6] CIBW 14 [7]	2 2 2
OFICINAS	Gran Bretaña [5] EE.UU. [8] CIBW 14 [7]	1 1 0.5 + 5
HOGARES	Gran Bretaña [5] Canada [9] Alemania [10] CIBW 14 [7]	2 5 1 0.05 + 2

Tabla 2 Probabilidad de ocurrencia de un incendio

La extensión probable de las perdidas varía con el uso del edificio, y es una función del grado de compartimentación, tipo de edificio, distribución de las unidades de alarma y extinción (rociadores/CO2/Halón), resistencia estructural al incendio y de la actuación de los bomberos.

La probabilidad de que un incendio se propague sin control está fuertemente relacionada con el tipo de medidas activas de protección

disponibles, tal y como se indica en la tabla inferior (tomada de la referencia CIB W14 Workshop "Structural Fire Safety" [7]).

Tipo de medidas activas	Probabilidad de propagación incontrolada
Servicios públicos de bomberos	100/1000
Rociadores	20/1000
Sistemas de alarma combinados con bomberos entrenados y emplazados "in situ"	≥ 10/1000 : 1/1000
Tanto rociadores como bomberos emplazados "in situ"	≥ 1/10.000

Tabla 3

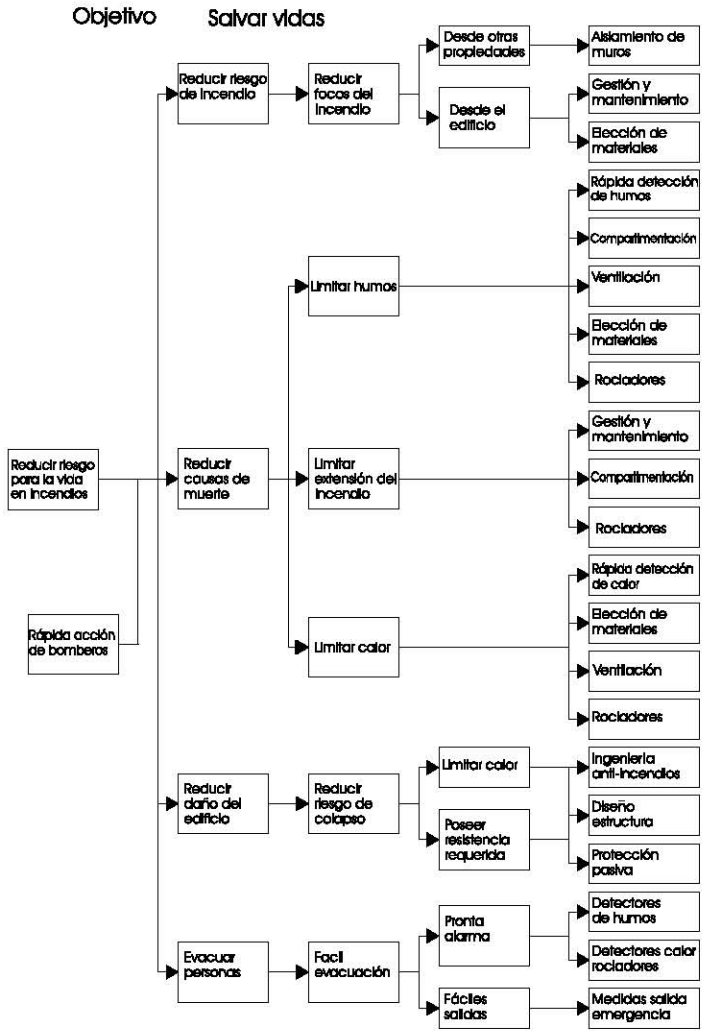

Figura 1a Reducción del riesgo de pérdidas humanas

1.3 Objetivos de la seguridad frente a los incendios

La seguridad frente a los incendios debe preocuparse, fundamentalmente, de alcanzar dos objetivos:

1. reducir la pérdidas humanas en el interior o los alrededores de edificios en llamas.

2. reducir las perdidas económicas y en propiedades en el interior o alrededores de los edificios afectados.

En la mayoría de los países la responsabilidad de alcanzar estos objetivos se haya repartida entre las autoridades civiles, quienes tienen que fijar en sus leyes los niveles de seguridad para proteger las vidas humanas, y las compañías de aseguradores que incentivará la reducción de perdidas a través de sus primas.

Muchas veces estos objetivos pueden parecer incompatibles, o incluso beligerantes. Por ejemplo, los rociadores y los aparatos de detección automática son contemplados más como protectores de las propiedades que de las vidas, y las compañías aseguradoras ofrecen substanciales descuentos en las primas cuando son instalados. Sin embargo, no figuran apenas en la mayoría de las normas sobre edificaciones, pero el hecho de su existencia sugiere que son extremadamente efectivos para salvar vidas.

De hecho las medidas necesarias para ahorrar perdidas materiales y humanas son muy similares.

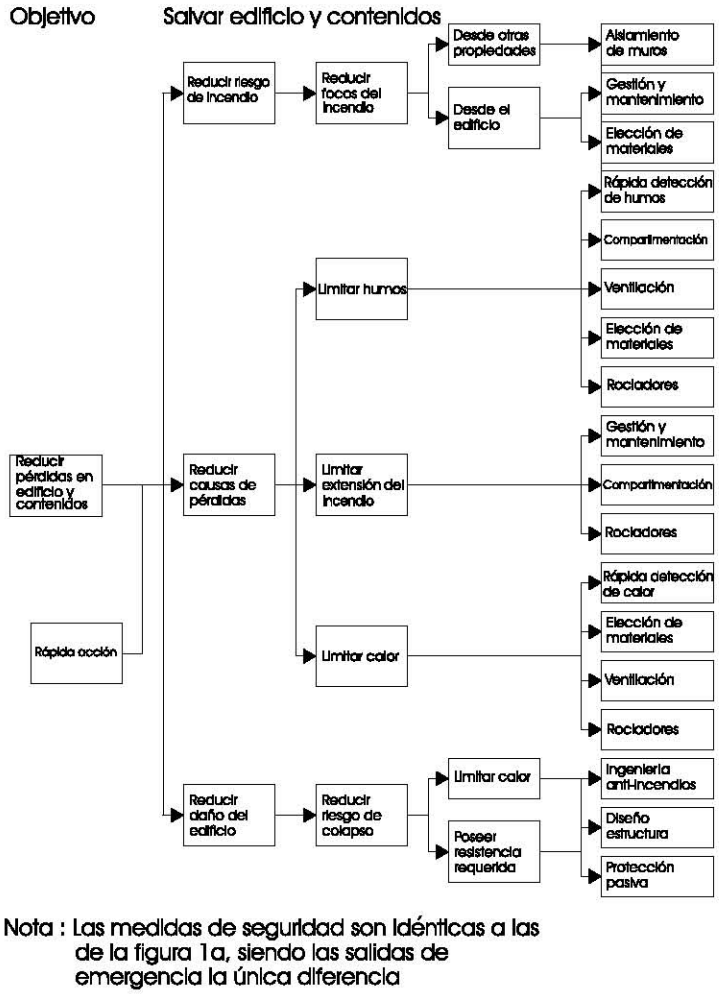

Figura 1b Reducción de riesgos de pérdidas de bienes

Las figuras 1a y 1b muestran un medio sistemático para identificar la mayor parte de las opciones disponibles para reducir perdidas. En ellas puede verse que prácticamente todas las medidas reducen el riesgo de perdidas humanas, así como el de perdidas económicas, directas o indirectas. Lo que realmente se pone de relieve es que la seguridad global frente a un incendio debe ser alcanzada por la implantación y consecución de unos enfoques adecuados de seguridad ante el incendio.

1.4 Distintos enfoques para la seguridad ante un incendio

Estos planteamientos o enfoques se definen como paquetes óptimos de medidas estructurales, técnicas y organizativas que permiten alcanzar objetivos definidos, consensuados por la Propiedad, las autoridades administrativas y el diseñador.

A la hora de desarrollar posibles enfoques de seguridad frente a los incendios, es esencial comprender el desarrollo normal de un incendio incontrolado como el mostrado en la figura 2.

En una figura muy similar, figura 3, se muestran las posibles razones para el éxito o el fracaso de unas medidas preventivas bien definidas.

Analizando esta figura se puede entender que existen tres planteamientos básicos que permiten controlar el riesgo de un incendio, a saber:

- un planteamiento puramente estructural que admite la superación del punto de "flash-over" dentro de un número limitado de habitáculos.
- un enfoque basado en un sistema de alarmas que evite la superación del "flash-over".
- un tercero que pretenderá evitar la propagación mediante sistemas de extinción.

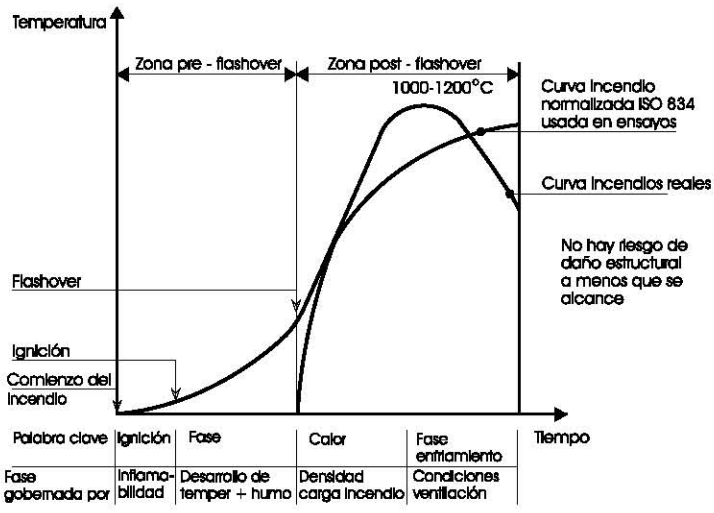

Figura 2 Desarrollo del incendio incontrolado

1.4.1 Enfoque estructural para la seguridad en un incendio

Éste consistirá en una combinación de una adecuada compartimentación y una estructura resistente a las altas temperaturas; ésta puede ser la mejor opción en el caso en el que el uso normal del edificio permita la instalación de suelos y paredes resistentes al calor.

En este caso se admitirá que el incendio podrá alcanzar el "flash-over" o punto de propagación antes de que comiencen las acciones para su extinción.

El tiempo de resistencia al incendio debe fijarse con el objetivo de que el fuego no se extienda fuera del habitáculo establecido. Consecuentemente, la capacidad de los elementos resistentes para soportar carga (eventualmente) y su aislamiento deben mantenerse durante la duración estimada del incendio.

Los componentes combustibles de los edificios deberán ser diseñados o protegidos de manera que se prevenga el peligro de propagación. Un ejemplo es el de tejados con dos capas, donde la capa no combustible debe cubrir a la combustible. El diseño de fachadas deberá evitar que las llamas asciendan al piso superior.

Es importante resaltar que todos los elementos usados en la división o compartimentación, como los muros o paredes, techos y eventualmente los tejados deben cumplir 3 criterios para poder ser clasificados dentro de una clase de resistencia al incendio (30/60/90...).

- un criterio de resistencia de carga que asegure la estabilidad del elemento.
- un criterio de aislamiento que demuestre su capacidad aislante.
- un criterio de impenetrabilidad, que se asegurará de que las llamas y los humos no pueden atravesarlo.

Aquellos elementos estructurales con una función resistente, pero que no forman parte de los sistemas de separación, sólo han de cumplir el primer criterio.

La resistencia al incendio de los componentes de un edificio suele fijarse en las normas apropiadas, y se expresa normalmente en unidades de tiempo.

El período de tiempo de resistencia ante un incendio suele expresarse en múltiplos de 30 minutos, por ejemplo 30, 60, 90 minutos, y siempre en relación al incendio normalizado descrito en la norma ISO. Esto significa que un componente capaz de cumplir su función durante el tiempo prescrito cuando es sometido aun régimen de temperaturas como el descrito en la norma ISO.

Algunos bloques de oficinas que se han construido recientemente son excelentes ejemplos de este concepto.

La variación temporal de la temperatura en un incendio normalizado puede diferir bastante de la que se presenta en uno real, pero las normas modernas de diseño permiten determinar la resistencia para incendios reales, tal y como se describe en el párrafo 1.5. El criterio de tiempo no debe ser confundido con el tiempo de evacuación de los ocupantes o de intervención del cuerpo de bomberos.

Desde el punto de vista de la estructura y sus ocupantes suele ser más efectivo el

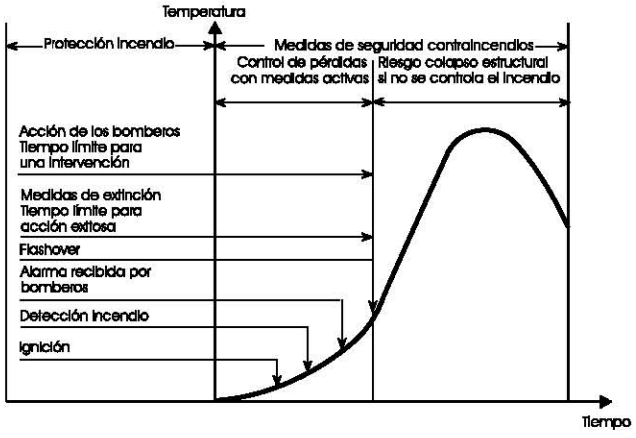

Figura 3 Medidas prevención contraincendios y condiciones de control

uso de otros enfoques alternativos, que eviten que el punto de "flash-over" sea sobrepasado mediante el uso de medidas de protección activas. Las medidas de detección y alarma o en sistemas de extinción.

1.4.2 Enfoque de vigilancia

Estos enfoques están basados en instrumentos automáticos de detección y transmisión de señales de alarma a un equipo de bomberos (con servicio 24 horas al día), preferentemente con base en el propio edificio.

Un sistema de este tipo (figura 4) que lleve asociada una resistencia estructural frente a un incendio limitada o incluso inexistente puede representar la mejor solución cuando el uso habitual del edificio desaconseja la compartimentación del espacio.

También se usa con más frecuencia para usos con densidades de cargas de combustibles muy reducidas, para edificios entre bajos y medios en los que es previsible que el incendio se desarrolle lentamente y allí donde se disponga de un equipo de bomberos efectivo y de intervención rápida.

- Detección del incendio

  Los sistemas automáticos son activados por tres medios: humo, calor o llamas. Funcionan mecánica, eléctrica y electrónicamente. Es preferible el uso de los detectores de humos, por ser éstos considerablemente más efectivos que los otros. Cuando los detectores comienzan a funcionar, la alarma se dispara automáticamente. Para que la efectividad sea máxima, la alarma debe ser transmitida de día o de noche a la estación de bomberos más cercana. Los sistemas de alarma con sirenas sonoras son prácticamente los únicos efectivos contra incendios provocados.

  Los rociadores funcionan como elementos de extinción, pero también como sistemas de alarma "lentos" (al detectar sólo el aumento de calor).

- Extinción

  La efectividad en la extinción de un incendio depende en gran medida del tiempo empleado por los bomberos en llegar al edificio y acceder al incendio.

  El medio más fácil para la extinción es el uso de extintores manuales, en el caso en el que haya personas que detecten el incendio y que sean lo suficientemente hábiles para usarlos con eficacia.

  Los equipos de extinción pueden ser bien bomberos públicos, o bien equipos privados con base en el propio edificio. Estos últimos tienen la ventaja de estar familiarizados con el local y tener que recorrer distancias menores para alcanzar el foco, pero en todos los casos es necesario dotar al edificio de rutas de acceso adecuadas para los vehículos. Tanto para los bomberos, como para los rociadores es necesario un suministro de agua adecuado, con una protección que esté preparada para bajas temperaturas. En un habitáculo el radio de acción efectivo para un bombero es de hasta 20 m..

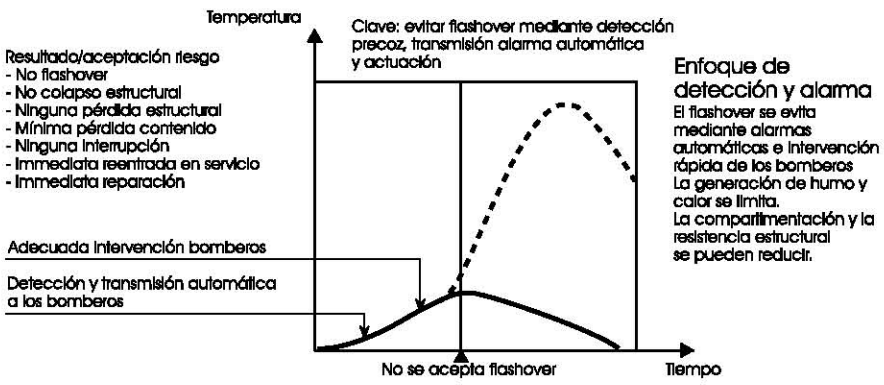

Figura 4 Enfoque contraincendios de alarma.

1.4.3 Enfoque de extinción

Están basados en sistemas de extinción automáticos como rociadores, CO_2 o Halón, con transmisión automática de alarma a un equipo de bomberos y a los propietarios. En la figura 5 se ilustra su funcionamiento.

Los propietarios suelen tener miedo del posible daño causado por estos sistemas en el material o la maquinaria existente en el edificio. Pero es preciso saber que los rociadores únicamente abren sus válvulas en los lugares donde la temperatura alcanza el valor límite, entre los 70º y los 140ºC y, además el 75% de los fuegos que se producen en instalaciones con rociadores llegan a controlarse con un máximo de 1 a 4 bocas rociadoras. Esto representa que tan sólo se mojarían los contenidos en un área de 50 m^2. Estos sistemas automáticos de alarma informan al propietario y a los bomberos al mismo tiempo. El mantenimiento de estos sistemas de detección y extinción se debe hacer anual e incluso semestralmente por personas especializadas.

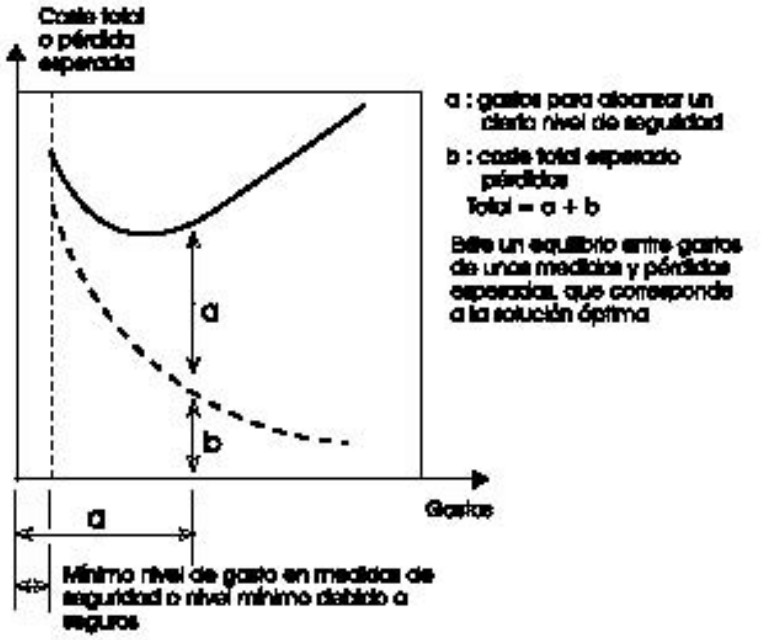

Figura 6 Relación entre los gastos en medidas preventivas y pérdidas esperadas (esquemática)

Estos enfoques alternativos de alarma y extinción están obteniendo mayor y mayor aceptación en muchos países. El prospecto "Steel and Fire Safety: a global approach", editado por el comité de promoción del acero del EUROFER, incluye una investigación sobre la extensión que los sistemas de protección del acero reducidos, e incluso inexistentes, están consiguiendo a nivel internacional.

1.5 Efectividad económica

Los tipos de uso y de diseño estructural son las dos variables fundamentales que gobiernan la cantidad de medidas de protección antiincendios necesarias, y por lo tanto el coste total del modelo de seguridad contra el incendio. Las consideraciones a tener en cuenta durante el diseño de la estructura antes cargas de servicio y las que han de tenerse en cuenta ante el incendio deben integrarse desde el comienzo del diseño, de tal manera que se obtenga un nivel de seguridad óptimo con una mínima inversión. Este objetivo sólo puede alcanzarse mediante una adecuada comunicación entre los diseñadores de los edificios y las autoridades encargadas de la protección de incendios, desde el comienzo de la planificación de los edificios.

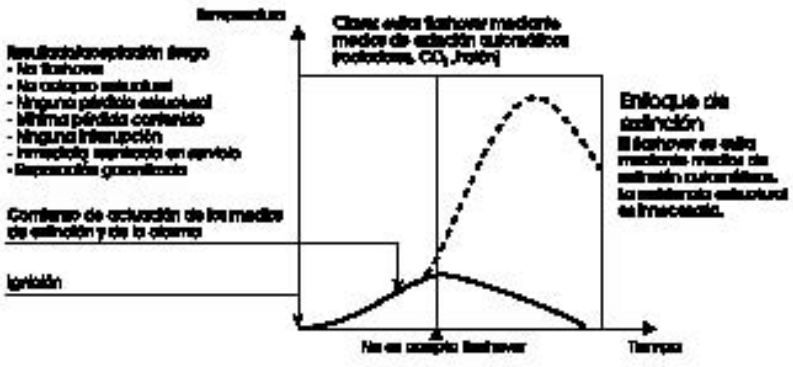

Figura 5 Enfoque contraincendios de extinción

Un análisis de la relación entre los costes y los beneficios indica que con similares inversiones los beneficios pueden variar grandemente.

La figura 6 muestra que, cuando el nivel de gastos, y por lo tanto, el de seguridad se aumentan, las pérdidas esperadas originadas por un incendio disminuyen. Esta relación se ha representado esquemáticamente por la línea de trazos. La curva de pérdidas frente a inversiones presenta una forma hiperbólica lo que significa que pasado un cierto punto, se obtiene un beneficio muy pequeño al incrementar el nivel de protección.

De esta relación entre gastos y perdidas esperadas es posible deducir la proporción entre gastos y costes globales debidos al incendio (perdidas esperadas + gastos)

Obsérvese la curva continua, cuyo mínimo representa la solución.

En este contexto, conviene no olvidar que los gastos no deben ser inferiores a un cierto valor mínimo, relacionado con los costes de los requisitos de seguridad para salvaguardar la vida humana y/o el nivel mínimo aceptable desde el punto de vista de los seguros. Este mínimo ha sido representado también en la figura.

Finalmente, otro aspecto que habrá que considerar con atención es el criterio por el cual se va a juzgar el comportamiento de la estructura cuando ésta se encuentre sometida a un incendio. Si se plantea la implementación de cualquier medida con el objetivo de mejorar la seguridad, ha de tenerse en cuenta el efecto de estas últimas. La experiencia en los incendios de gran tamaño demuestra que éstos pueden dañar la estructura hasta un punto que requiera su demolición, incluso aun cuando no haya colapsado. El dinero invertido en protección contra un eventual colapso debería contemplarse, entonces, como una pérdida. En casos como éste podría ser mejor o bien limitar las precauciones hasta un determinado nivel que permita garantizar la evacuación de los ocupantes durante el incendio, o bien, seleccionar un enfoque de seguridad alternativo.

En un análisis detallado de costes y beneficios se requiere un planteamiento diferenciado, que mediante el cálculo de los costes de las medidas de seguridad para distintos enfoques, permita una optimización de los mismos. La fórmula básica es la siguiente:

$$\begin{bmatrix}\text{Coste anual de la seguridad frente al incendio}\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\text{Suma de todas las inversiones en seguridad}\end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix}\%\ \text{interés hipotecario}\end{bmatrix}$$

$$+ \begin{bmatrix}\text{Coste mantenimiento anual}\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}\text{Primas anuales para el enfoque de seguridad seleccionado}\end{bmatrix}$$

En la mayoría de los casos, enfoques alternativos se muestran más efectivos que el que persigue la integridad estructural.

Para los arquitectos y los ingenieros, la cuestión crucial consiste en el establecimiento del nivel de los requerimientos que han de cumplir, que englobe, tanto el enfoque global de seguridad ante el incendio, como una optimización de la eficiencia económica de los distintos enfoques de seguridad modernos.

2. REVISIÓN DE LOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA ESTRUCTURAL DURANTE UN INCENDIO DE LOS ELEMENTOS CARGADOS

La resistencia durante un incendio está gobernada por dos modelos:

- un MODELO DE TRANSMISIÓN DEL CALOR
- un MODELO ESTRUCTURAL

los cuales tienen 3 ó 4 niveles de sofisticación.

Los métodos tradicionales de cálculo se basan en la curva normalizada del incendio, desde el punto de vista del modelo de transmisión del calor, pero existen métodos cuantitativos que se sustentan en incendios reales.

La tabla 4 permite visualizar los tres métodos existentes para el cálculo, donde

$F_{elemento}$ es la resistencia al incendio medida en minutos para el elemento elegido.

$F_{requerida}$ es la resistencia requerida.

LOS MÉTODOS DE CÁLCULO 1 Y 2 SON SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN

F-requerida y F-elemento se agrupan en categorías mediante tablas o mediante cálculo, en clases o categorías de resistencia, empezando con 15 y 30 minutos, y continuando en saltos de 30/60/90.... minutos.

LOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN 3 (a + b) SON SISTEMAS DE CÁLCULO que usan en sus operaciones las características de fuegos reales, y donde se ha de comprobar la estabilidad de la estructura.

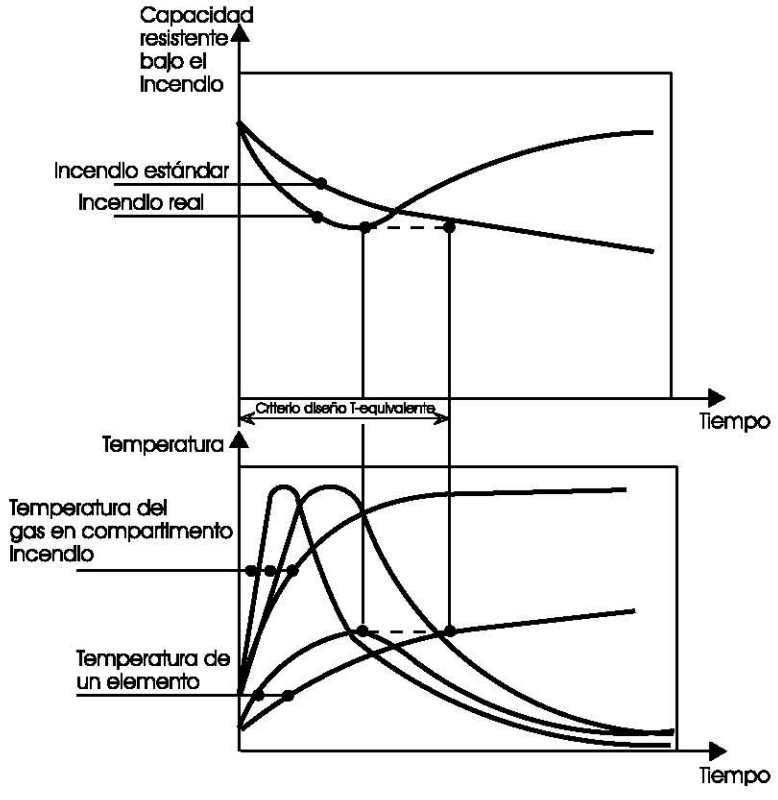

Figura 7 Concepto de temperatura equivalente

Cada uno de estos métodos es presentado en mayor detalle seguidamente, junto con una descripción de las ventajas que pueden presentar mejores aproximaciones a la realidad.

2.1 Requerimientos de resistencia frente al incendio actuales: Método de Evaluación 1

La expresión "requerimientos de resistencia actuales" quiere representar los valores de resistencia fijados por las distintas normativas nacionales. Todas ellas usan clases de resistencia al incendio (15/30/60/90 minutos) que representan el tiempo que puede resistir un elemento la acción de un incendio normalizado, tal como el descrito por la curva de exposición al calor de la norma ISO834 (UNE 23-093-81 en