

## LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS Y LA COMBUSTIBILIDAD DE MATERIALES DE UN EDIFICIO

ANTONIO F. BERTO\*

*Solamente en las últimas cuatro décadas la problemática de la seguridad contra incendios ha sido considerada, en términos globales, con base científica.*

*Este cambio de actitud, por una parte, se debe al progreso técnico y científico alcanzado por la humanidad y, por otro lado, al sensible aumento de la frecuencia, intensidad y crudeza de los incendios.*

*Como consecuencia de ello, la seguridad contra incendios contempla una acción global de prevención, en la que conjuntamente los medios de extinción utilizados en el inicio del fuego y la disponibilidad de otros medios de protección plasmados en los proyectos de edificación sirvan al propósito de aminorar y reducir las pérdidas derivadas de un incendio.*

Análisis comparativos de las estadísticas de incendio efectuados entre algunos países industrializados indican que el desarrollo económico y tecnológico, así como el modelo social y cultural de los diferentes países estudiados, constituyen una fuente de explicación para las diferencias constatadas en las pérdidas por incendios en edificios (muertes, heridos y toda clase de pérdidas materiales). De esta manera, junto al crecimiento del PNB per cápita y de la renta per cápita, crecen también las tasas de pérdidas en incendios.

Esto mismo se da en relación al aumento del consumo de energía eléctrica. Las instalaciones y equipos de servicio, utilizados en los edificios, son causas directas de incendio importantes, pudiendo suponer, por tanto, que su utilización abusiva en algunos países conduce a mayor número de incendios y mayor número de pérdidas.

En Brasil, particularmente en el Estado de Sao Paulo, tomando como base las estadísticas disponibles y el análisis comparativo mencionado, se puede llegar a la conclusión de que la tendencia verificada en el aumento del número de incendios posee, como agravante, una tendencia de aumento en su crudeza o intensidad.

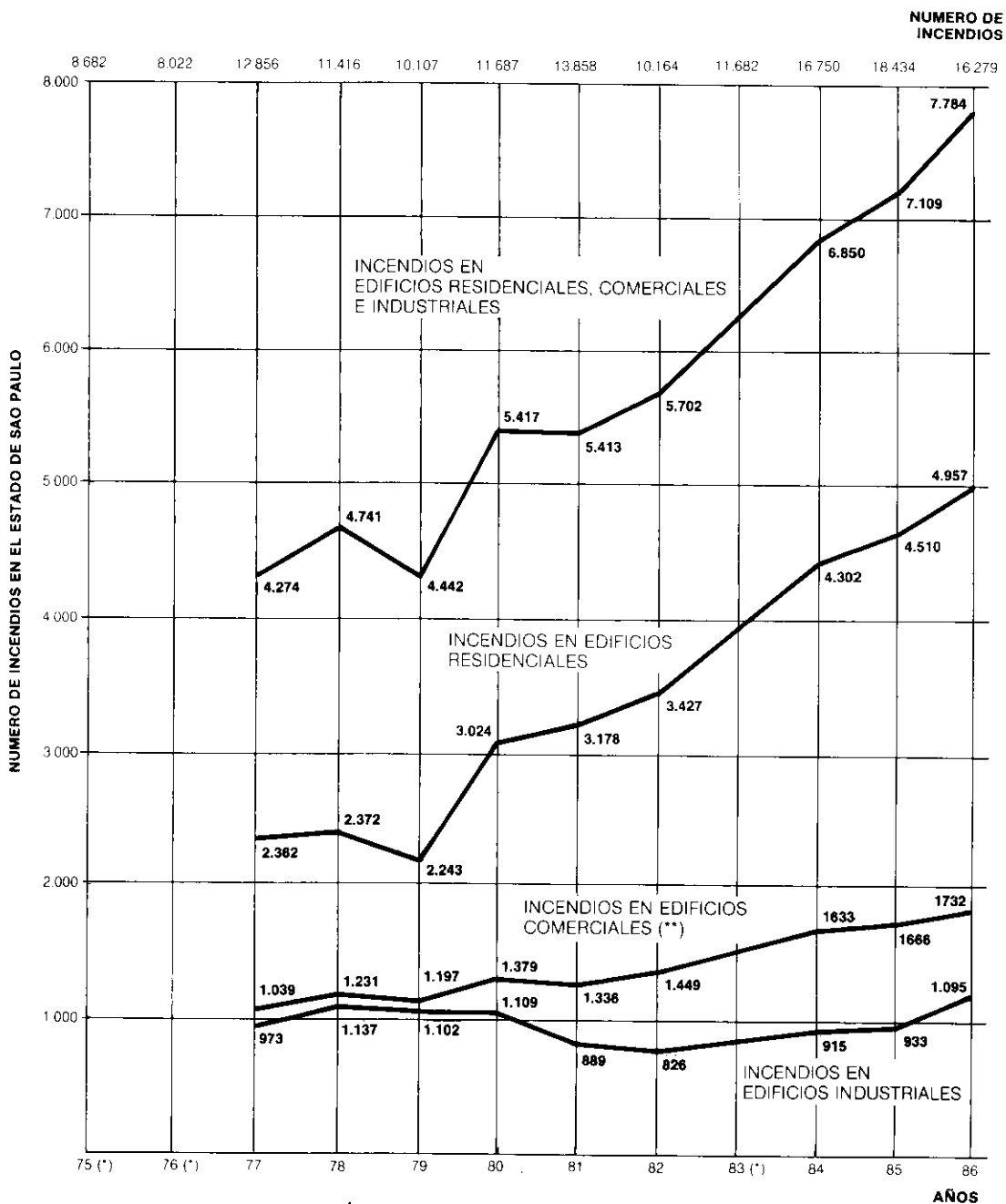
Esto se debe a las profundas alteraciones por las que pasaron los edificios e instalaciones pertinentes, caracterizadas por la utilización de grandes áreas sin compartir, por el empleo acentuado de fachadas envidriadas, por el uso en proporciones cada vez mayores de materiales combustibles, por el creciente aumento de instalaciones y equipos de servicio empleados (los cuales han aportado riesgos de incendio anteriormente inexistentes). Al mismo tiempo,

\* Ingeniero Civil por la Universidad de Sao Paulo e Investigador del Grupo de Seguridad de Fuego de la División de Edificaciones del IPT (Instituto de Investigaciones Tecnológicas del Estado de Sao Paulo).

po, la introducción de nuevas técnicas de producción y el aumento progresivo de enormes edificios

industriales han colaborado a elevar el índice de pérdidas por incendios.

**Cuadro I. Siniestros de incendios ocurridos en Sao Paulo**



(\*) En los años 75, 76 y 83 no hubo divulgación del número de incendios según las actividades de los ocupantes.

(\*\*) También fueron considerados como incendios en edificios comerciales los ocurridos en bancos, financieras, escuelas y hospitales.

## SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS

Desde el punto de vista de la seguridad contra incendios, el edificio puede ser definido como aquél en que existe una alta probabilidad de que todos sus ocupantes sobrevivirán en el incendio sin sufrir daño alguno y en el que los daños a la propiedad serán limitados y restringidos a la zona de origen del incendio.

De acuerdo con esta definición, el edificio dispone de una seguridad contra incendio si se consigue:

- a) Ofrecer un alto nivel de seguridad a los ocupantes, del edificio en el momento del incendio, tanto en el local donde se desarrolla el fuego como en otros locales.
- b) Garantizar la seguridad de los ocupantes de los edificios adyacentes.
- c) Reducir los daños a los edificios y materiales contenidos en ellos.
- d) Prevenir los daños a los edificios colindantes.
- e) Prevenir conflagraciones.
- f) Garantizar la seguridad de las operaciones de extinción del incendio.

## PROYECTO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS

En un determinado sentido, el proceso de diseñar un edificio en relación a la seguridad contra incendios, actualmente, puede ser descrito como el seguimiento fiel de los códigos de edificaciones.

Aunque los aspectos más importantes del proyecto de edificios referentes a la seguridad contra incendios sean determinados por los códigos de edificaciones (cuyas reglamentaciones específicas se destinan a garantizar un nivel mínimo de seguridad contra incendios y representan las salvaguardias que la comunidad, como un todo — administración, usuarios y constructores— desea obtener), un equipo competente del proyecto puede aumentar el nivel de seguridad, alcanzado por la aplicación convencional de los reglamentos.

Adicionalmente, las medidas estereotipadas para ga-

rantizar la seguridad contra incendios de diferentes tipos de edificaciones son inadecuadas, en el sentido de que pueden resultar edificios subprotegidos o superprotegidos. A partir de un mejor entendimiento de los eventos característicos de los incendios, el proyectista estará en mejor situación para determinar la naturaleza del fuego y seleccionar la forma más apropiada de combatirlo.

Es importante destacar que las medidas de seguridad contra incendios, cuando aplicadas después de concluido el proyecto del edificio, implicarán ciertamente mayores gastos y muy probablemente una menor eficacia. Para la óptima seguridad contra incendios es necesario que esta cuestión sea considerada en la fase de diseño y proyecto del edificio, antes de que las principales decisiones hayan sido tomadas.

Las actividades desarrolladas en el interior de los edificios son responsables en gran parte de los incendios. Así, la gran mayoría de los incendios se inician a partir de fuentes de ignición relativamente pequeñas, existiendo una íntima relación entre el riesgo de inicio del incendio y el uso en el edificio de materiales no resistentes a la ignición, a partir de la exposición a pequeñas fuentes de ignición. Por otro lado, es imposible eliminar o controlar el uso de tales productos, una vez que el mobiliario, cortinas y otros objetos de decoración, así como gran parte de los productos utilizados en las actividades industriales, comerciales, etc., se componen normalmente de materiales celulósicos o plásticos, que en función de la forma en que se presentan son susceptibles de sufrir esta clase de ignición. De esta forma, se percibe que la prevención de incendios está principalmente relacionada con el riesgo asociado a las actividades desarrolladas en el interior del edificio y con la concienciación del usuario sobre este riesgo.

La preocupación por la prevención de incendios debe originarse en la fase del proyecto de la edificación mediante el dimensionamiento adecuado de las instalaciones eléctricas y de otras fuentes de energía y a través del dibujo de «lay-outs» que garanticen el alejamiento seguro de las fuentes de energía en relación a los materiales combustibles.

No obstante, teniendo en cuenta que el incendio es el resultado de una cadena fatalista de acontecimientos, no se pueden considerar concretamente las medidas de prevención contra incendios, pues es sabido que las mismas podrán, en algún momento, fallar. Por esta razón, es necesario considerar en el proyecto de construcción de edificaciones las me-

medidas de protección contra incendios, que se refieren al conjunto de disposiciones, sistemas o equipamientos en un edificio con vistas a controlar el desarrollo de un incendio y proteger la vida humana.

**Cuadro II. Principales causas de incendios. (Años 1980 a 1985, Estado de Sao Paulo, Brasil)**

• Cortocircuito y sobrecarga en instalaciones eléctricas .....	25,8%
• Descuidos al cocinar .....	16,9%
• Vaciado del GLP .....	15%
• Juegos de niños .....	4,9%
• Soldaduras .....	3,9%
• Globos .....	3,6%
• Cocinas de carbón, leña, gas, aceite, etcétera .....	2,9%
• Actos incendiarios .....	2,9%
• Acciones criminales .....	2,8%
• Velas sobre muebles .....	2,8%
• Líquidos inflamables industriales ..	2,7%
• Puntas de cigarro .....	1,9%

## LA PROTECCION CONTRA INCENDIOS

La protección contra incendios está directamente relacionada con el control de la rapidez con que se propaga el incendio y su consecuente contención. Además, la mayor o menor posibilidad de controlar el desarrollo de un incendio depende del momento en que el fenómeno es descubierto.

Los objetivos de protección contra incendios pueden ser alcanzados en la fase de proyecto del edificio a través de las medidas siguientes:

- a) Control de la naturaleza y cantidad de materiales combustibles constituyentes del edificio
- b) Cálculo de las áreas y divisiones interiores, del distanciamiento entre edificios y de la resistencia al fuego de los elementos divisorios
- c) Cálculo de la protección y de la resistencia al fuego de la estructura del edificio

- d) Cálculo de los sistemas de detección y alarma de incendios y de comunicación de emergencia
- e) Cálculo de equipos automáticos y/o manuales para extinción del incendio
- f) Cálculo de áreas y divisiones a prueba de humos y de sistemas para garantizar la contención del humo en las rutas de fuga
- g) Cálculo de las medidas de las rutas de fuga.

En principio, estas medidas se dividen en activas y pasivas. Las pasivas forman parte del sistema constructivo y, por eso, son permanentemente funcionales; las activas entran en funcionamiento cuando ocurre un incendio. Las medidas *a*, *b*, *c* y *g* son pasivas, una parte de la *f* es pasiva y otra parte es activa, en cuanto que *d* y *e* son activas.

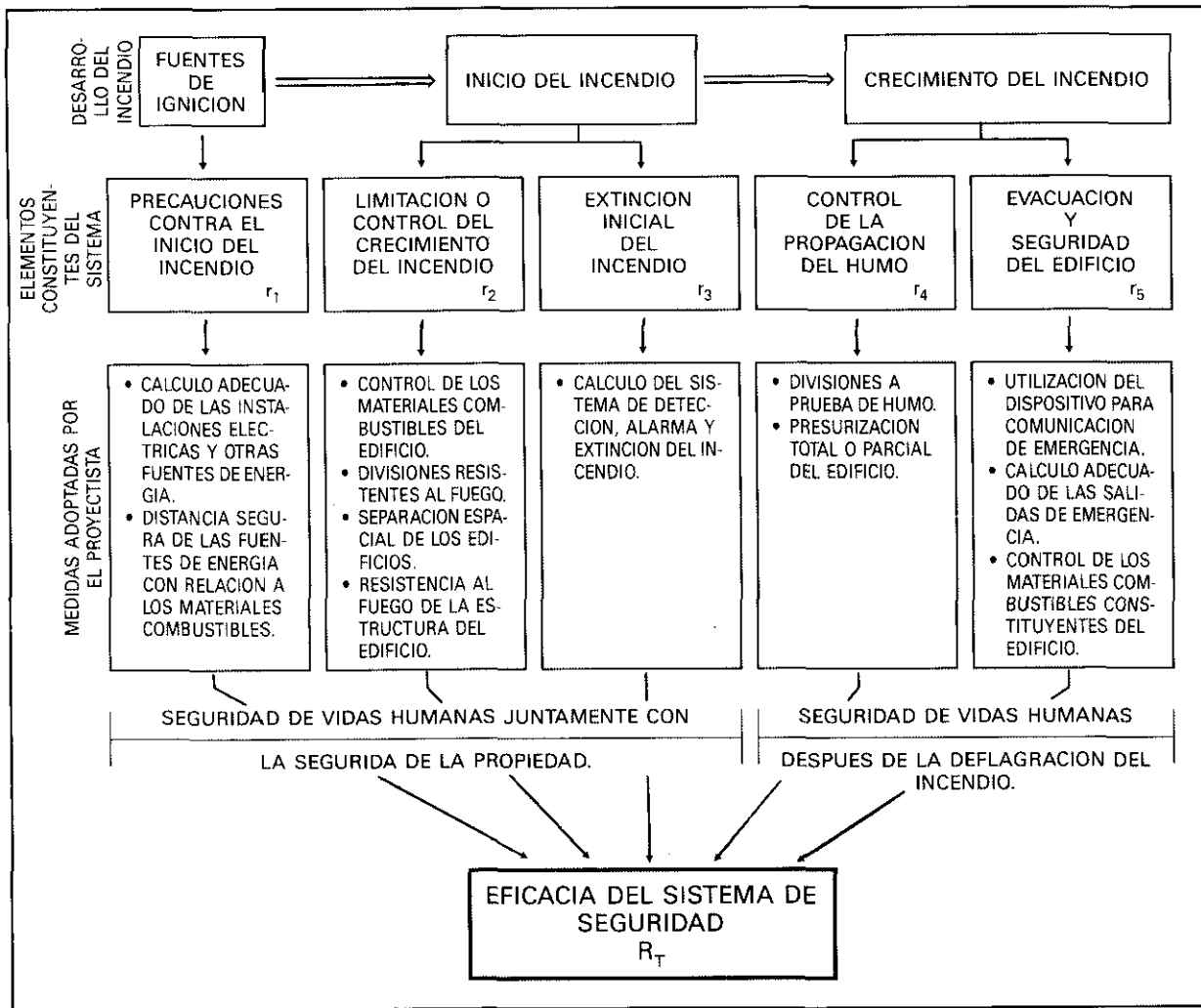
Para desarrollar cada una de estas medidas, obviamente, es necesario el conocimiento de los requisitos específicos que las engloban y de la interacción que éstos ejercen entre sí. Además, a partir de la comprensión de que la seguridad absoluta contra incendios es una meta teórica, es necesario que en el proyecto se considere el valor relativo de estas medidas y se satisfagan las conveniencias funcionales del edificio y los aspectos económicos, conjuntamente, con la garantía de un nivel adecuado de seguridad.

## SISTEMA GLOBAL DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIO

Según se observa en el Cuadro III, puede entenderse mejor el sistema que debe ser empleado por el proyectista para garantizar un nivel adecuado de seguridad contra incendios, es decir, cómo comprender la cuestión de la seguridad contra incendios en su totalidad.

Básicamente, el sistema global de seguridad contra incendios en un edificio puede estar dividido en dos secuencias. La primera atiende a la seguridad de la vida humana conjuntamente con la seguridad de la propiedad y, de otra parte, la segunda secuencia tiende a garantizar la seguridad de la vida humana después de la deflagración del incendio.

Cuadro III. Sistema integral de seguridad contra incendios en un edificio



Matemáticamente, este sistema de seguridad puede ser expresado por:

$$R_T = 1 - \{ [(1 - r_1) \cdot (1 - r_2) \cdot (1 - r_3)] \cdot [(1 - r_4) \cdot (1 - r_5)] \}$$

R<sub>T</sub> es la efectividad total del sistema y r<sub>1</sub> la efectividad de cada uno de sus elementos constituyentes. En esta expresión, si alguno de los factores fuera perfecto (r<sub>1</sub> = 1), el sistema se vuelve, asimismo, perfecto con relación a la seguridad de la vida humana, independientemente de la existencia o efectividad de los otros. Teniendo en cuenta que dimensionar cualesquiera de estos elementos con efectividad total es técnicamente y/o económicamente impracticable queda la opción de contemplar en el

proyecto todos los elementos constituyentes del sistema.

En algunos casos, una determinación cuantitativa parcial de la efectividad de cada elemento puede ser posible por medios estadísticos y probabilísticos y a través del análisis de los fenómenos del incendio. Sin embargo, en general, existe una gran dificultad para eso. De esta forma, este tipo de cuestión se mantiene aún como una meta a alcanzar, pues el estado actual del conocimiento no permite tal determinación.

Paralelamente, en el proyecto de un edificio, la opción para el establecimiento del sistema global de seguridad contra incendios debe contemplar un análisis cualitativo, que debe estar caracterizado por ser

más tecnológico que intuitivo, considerando los aspectos científicos, técnicos, operacionales y de comportamiento que envuelven la seguridad contra incendios. También se deben tener en cuenta en esta cuestión las reglamentaciones, de carácter obligatorio, establecidas por la Administración pública.

De esta manera, las medidas adoptadas en el proyecto deben tener como objetivo garantizar para cada elemento constituyente del sistema de seguridad contra incendios una eficacia compatible con dos factores.

El primero consiste en el probable *riesgo de incendio* en el edificio, definido como la posibilidad de que ocurra un incendio que genere condiciones nocivas a las personas y a la propiedad, que puede determinarse en función de:

- a) Uso del edificio y consecuente riesgo en base a datos estadísticos
- b) Naturaleza de los materiales contenidos en el edificio
- c) Densidad poblacional esperada
- d) Probabilidad de ocurrencia de incendios con base en datos estadísticos y experiencia adquirida en incendios ya ocurridos
- e) Tiempo de inflamación generalizada según estadísticas.

De acuerdo con lo anterior, cabe constatar la importancia de la información detallada y sistemática de los incendios y el adecuado tratamiento de sus datos para la óptima realización del proyecto de seguridad contra incendios.

El otro factor anteriormente aludido, se refiere al *pe-ligro de incendio* en el edificio, que puede definirse como la medida del daño a la vida humana y a la propiedad que resulta como consecuencia de la ocurrencia del incendio. En este caso, es necesario idealizar el probable tamaño del incendio en el edificio, abarcando el comienzo del mismo, su propagación y la intensidad máxima alcanzada. Varios factores en el edificio influyen en cada uno de estos casos:

- a) Inicio: Las fuentes de energía, el material quemado en primer lugar y la naturaleza y distribución de los materiales combustibles.
- b) Propagación: La naturaleza de las superficies de los elementos de construcción y la distribución, cantidad y características de los materiales combustibles.

- c) Intensidad: La cantidad de materiales combustibles, ventilación y características de las divisiones.
- 

## CONTROL DE LOS MATERIALES COMBUSTIBLES CONSTITUYENTES DEL EDIFICIO

El incendio es un fenómeno complejo, ya que su desarrollo y crudeza dependen de un gran número de factores que se relacionan entre sí. Por eso, cada incendio representa una situación única.

En una situación normal, los materiales combustibles y una variedad de fuentes de calor coexisten sin que haya la creación de riesgo de incendio. Mientras tanto, la presencia de ambos es potencialmente capaz de crear una situación de peligro. La mayoría de los incendios empiezan a partir de pequeños focos, en locales donde la fuente de calor y los materiales combustibles se encuentran simultáneamente.

Aunque los materiales y productos combustibles contenidos en el edificio y constituyentes del mismo puedan ser responsables del inicio del incendio, *frecuentemente, los materiales contenidos en el edificio son los que se queman en primer lugar*. A medida que las llamas se esparcen sobre la superficie del primer objeto alcanzado y, tal vez, a otros objetos contiguos, el proceso de combustión es cada vez mayor influenciado por los factores característicos del local. Si la disponibilidad de aire está garantizada, el fuego progresará a un siguiente estadio cuando la temperatura comienza a subir rápidamente y *el ambiente es inundado por el humo; una capa de gases calientes se forma debajo del techo y se originan flujos intensos de energía radiante, principalmente, a partir del techo calentado*. Los materiales combustibles, calentados por convección y radiación, desprenden gases inflamables que conducen a una inflamación generalizada de todo el ambiente. Rápidamente el fuego alcanza su máxima crudeza.

El tiempo para que ocurra la inflamación generalizada es extremadamente importante, ya que indica el período máximo de que se dispone para atacar el incendio en su inicio o escapar del local incendiado. Por esta razón, un conocimiento perfecto de

la cadena de sucesos, que va desde la ignición del primer objeto a la inflamación generalizada, se tornó, paulatinamente, a nivel mundial, en uno de los principales objetivos de investigación teórica y experimental.

La posibilidad de que un foco se extinga o evolucione hacia un gran incendio, alcanzando la fase de inflamación generalizada, depende de tres factores:

- a) Razón del desarrollo del calor por el primer objeto alcanzado
- b) Naturaleza, distribución y cantidad de los materiales combustibles en el local incendiado
- c) Naturaleza de las superficies de los elementos de la construcción para soportar la combustión y propagar el fuego.

Si estos tres factores crean una condición favorable para el crecimiento ilimitado del fuego, la inflamación generalizada ocurrirá y todo el local se verá envuelto por el fuego.

Los dos primeros factores dependen, en gran medida, de la naturaleza del mobiliario, instalado en el interior del local. El primero está absolutamente fuera del control del proyectista. Referente al segundo factor, al menos se cuenta con un control parcial. El tercer factor puede controlarse por el proyectista, por ejemplo, al retardar el tiempo de inflamación generalizada con el empleo de materiales de revestimiento adecuados.

## EVALUACION DE LOS MATERIALES COMBUSTIBLES CONSTITUYENTES DEL EDIFICIO

En relación con los tres factores anteriormente mencionados, las características contra el fuego de los materiales y productos utilizados en la edificación pueden ser ensayados en el laboratorio, suministrando elementos para seleccionar, en la fase de proyecto del edificio, los materiales o productos constituyentes del mismo.

Los métodos de ensayo utilizados para estas evaluaciones estipulan unas condiciones previamente establecidas, a las que deben sujetarse los materiales o productos, con la finalidad de reproducir objeti-

vamente con rigor ciertas características de uno o más estadios del incendio.

La aplicación de cada método está condicionada a los aspectos de los incendios que originan. Los resultados obtenidos, debida a las limitaciones impuestas en los ensayos, tales como las condiciones establecidas de exposición o las dimensiones reducidas de los elementos de prueba, no reproducen el verdadero comportamiento de los materiales en incendios reales, aunque facilitan informaciones para hacer un juicio adecuado sobre el material o producto determinado en una aplicación particular.

Con frecuencia, debe considerarse que si un determinado material presenta una mala funcionalidad en los ensayos, ello no significa necesariamente que vaya a representar un peligro cuando se utilice en un edificio. En realidad, el peligro depende de la cantidad de material en relación al local donde está aplicado, su posición en el ambiente y en el edificio, de las características del proyecto, del uso del edificio y de cualesquiera medidas de prevención que se instalen.

Consideraciones especiales pueden tenerse en cuenta en el sentido de eliminar un peligro especial restringiendo el uso de determinados materiales o productos, debido a la falta de control en el local construido. Por ejemplo, el uso de gradas o bancos compuestos de materiales combustibles en un estadio de fútbol puede ser considerado indeseable, debido a la falta de control del comportamiento humano en estas instalaciones. Por otro lado, es necesario considerar si restricciones similares se justificarían para una situación reconocida como segura.

La posición relativa de los materiales o productos en el local es un aspecto fundamental que determina las condiciones de exposición al incendio y, consiguientemente, su papel en el mismo. Por ejemplo, una espuma de poliuretano puede crear una situación de peligro cuando es utilizada como aislante térmico de tejados. Sin embargo, no ocurre lo mismo cuando la espuma sea utilizada para rellenar cavidades entre paredes de albañilería, con la misma función de aislamiento térmico. En otro ejemplo, el material utilizado como revestimiento de pared en determinado compartimento representará ciertamente un peligro mayor con relación a la situación en que el mismo material es utilizado como revestimiento del piso.

En consecuencia, estos comentarios muestran la complejidad de la limitación del crecimiento del incendio a través del control de los materiales com-

bustibles que constituyen el edificio y la necesidad, a su vez, de tener en cuenta varios factores relacionados entre sí que coexisten en el incendio.

---

## PRINCIPALES METODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Se pueden destacar varios tipos de ensayos que suministrarán informaciones valiosas para la limitación o control del crecimiento del incendio.

El primero de ellos, denominado ensayo de incombustibilidad, es básico y permite verificar si los materiales o productos tienen la capacidad de contribuir a la evolución del incendio. En el caso de que esta capacidad sea comprobada y que el material o productos sea clasificado como combustible, podrá ser necesario cuantificar su combustibilidad determinando su potencial de calor.

Con respecto al control de la cantidad de los materiales combustibles en la edificación, el proyectista podrá tener la necesidad de especificar los elementos de estancamiento, verticales y horizontales, así como los pisos y revestimientos que presenten un bajo potencial de calor, es decir, los elementos cuya contribución de calor para la evolución del incendio sea insignificante con relación a la cantidad de materiales combustibles empleados en el edificio.

Otro tipo de ensayo se refiere a la propagación de la llama a través de la superficie de los materiales

de revestimiento o de productos resultantes de la composición de materiales. Normalmente, dos factores se tienen en cuenta en este tipo de ensayo, pues definen la capacidad de los materiales o productos para soportar la combustión y propagar el fuego. Uno de ellos es la rapidez de propagación superficial de llamas y el otro la cantidad de calor desarrollada a medida que la llama se propaga.

Finalmente, existe otro tipo de ensayo que posibilita el montaje de los elementos de prueba formando un sector del compartimento. Particularmente, es necesario cuando se desea tener una evaluación más realista de la capacidad de un determinado producto en la evolución del incendio o de diversos productos para actuar entre sí en una situación de incendio, así como cuando el ensayo de propagación de llamas demuestra ser ineficaz, debido a particularidades constituyentes del producto que se desea evaluar.

## BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA

- HAMARTY, T.: "Fundamentals of designing buildings for fire safety". NRCC, 1984 (DBR, pp. 1.243).
- ISO: "Principles of fire tests and their design". CCFT 21/1980.
- BSI. BS 476: Part 10: 1983. "Guide to the principles and application of fire testing".
- WAKAMATSU, T.: "Calculation methods for predicting smoke movement in building fires and designing smoke control system". ASTM STP 614/1977.

