



## Columna de Jaime A. Moncada

jam@ifsc.us

ES DIRECTOR  
DE INTERNATIONAL FIRE  
SAFETY CONSULTING (IFSC),  
UNA FIRMA CONSULTORA  
EN INGENIERÍA DE PROTECCIÓN  
CONTRA INCENDIOS CON SEDE  
EN WASHINGTON, DC. Y CON  
OFICINAS EN LATINOAMÉRICA.

Más sobre el autor:



# INTRODUCCIÓN A LA RESISTENCIA AL FUEGO



La resistencia al fuego (RF) se refiere a la habilidad de un material o estructura para soportar la exposición a las altas temperaturas de un incendio, sin perder su integridad estructural o convertirse en un peligro para la seguridad de los ocupantes del edificio o los bomberos que tratan de controlar el incendio. Se mide sometiendo un material o ensamblaje a una prueba estandarizada en un laboratorio de resistencia al fuego. La prueba mide cuánto tiempo el material puede mantener su capacidad de carga, aislamiento e integridad mientras está expuesto al fuego. La duración del tiempo en que el material mantiene esta integridad exitosamente se registra como su clasificación de resistencia al fuego.

Por consiguiente, la resistencia al fuego se mide en términos de tiempo, en horas o minutos, aunque esto no necesariamente denota cuánto tiempo un material podría soportar un incendio antes de que falle o pierda su eficacia. Sin embargo, la metodología para determinar la RF de un elemento constructivo y lo que implica esa resistencia al fuego, son temas mucho más complejos que trataremos de discernir a continuación.

En el Manual de Protección Contra Incendios de la NFPA, yo escribí lo siguiente sobre la resistencia al fuego: “Muchos aspectos relacionados con este tema son para nosotros en Latinoamérica conceptos que intuitivamente pensamos que son ventajosos para nuestra manera de construir. Tenemos todavía una construcción robusta basada en ladrillo y concreto, que en la mayoría de los casos tiene una resistencia al fuego importante. Por otro lado, construimos edificios relativamente pequeños donde tradicionalmente no hemos tenido mayores problemas de protección contra incendio”.

“Sin embargo, el problema de la protección contra incendios en Latinoamérica está centrado en los edificios grandes, edificios que estamos construyendo cada vez más con arquitecturas abiertas y novedosas, con elementos estructurales más expuestos, con terminados interiores altamente combustibles y copiando la arquitectura de países más desarrollados, donde existe una tradición arraigada de seguridad contra incendios. Es allí donde estamos encontrando problemas”<sup>1</sup>.

Debería dejar por sentado que los métodos constructivos que se utilizan en edificios grandes, como el de la Foto 1, son muy similares en Estados Unidos como en Latinoamérica, típicamente con concreto o elementos no combustibles. La principal diferencia entre los Estados Unidos y nosotros se centra en la construcción residencial, donde en el país del norte, ésta es principalmente en madera, como se muestra en la Foto 2.



Foto 1- Los métodos constructivos de edificios grandes son similares tanto en Estados Unidos como en Latinoamérica.



Foto 2 - Residencia en construcción con elementos en madera.

## CÓDIGOS DE CONSTRUCCIÓN

En esos países donde existe un código de construcción moderno, estos códigos, además de requerir sistemas contra incendios y medios de evacuación, establecen requisitos mínimos de RF para ayudar a mantener la integridad estructural. Tanto el Código Internacional de la Construcción (IBC) como el Código de Construcción y Seguridad (NFPA 5000), definen los tipos de construcción de los edificios basados en una certificación de la resistencia al fuego de los elementos estructurales.

Hoy en día, la RF que debería tener un edificio se establece a través de una evaluación de su área construida, número de pisos, altura, porcentaje de fachada y distancia a otros edificios, dependiendo de la ocupación del edificio. Esto quiere decir que un edificio con una ocupación más riesgosa, por ejemplo, un hospital, debe tener una resistencia al fuego más alta que la de un edificio similar con una ocupación menos compleja, como por ejemplo una tienda mercantil, aunque tengan la misma área constructiva, número de pisos y altura. El IBC o la NFPA 5000 explican esto con mayor detalle, donde se establecen, dependiendo del código, 9 a 10 tipos de construcción diferentes para los edificios. En la normativa NFPA, estos tipos de construcción están definidos en la NFPA 220, Norma Sobre los Tipos de Construcción de Edificios.

## RF DE UN ELEMENTO CONSTRUCTIVO

Las resistencias al fuego de los elementos constructivos se evalúan bajo tres criterios o parámetros principales:

- 1) Mantener la integridad estructural, estabilidad o habilidad de soportar una carga a pesar de la exposición al incendio. En otras palabras, evitar colapso durante el incendio.
- 2) Proporcionar una barrera física para restringir la propagación del incendio, es decir evitar el paso de las llamas.
- 3) Proporcionar aislamiento térmico de manera que la transmisión térmica se limite de forma que no se produzca la ignición de la superficie no expuesta, ni de cualquier material situado en la proximidad a esa superficie.

La manera más conocida para establecer la RF de un elemento constructivo es a través de un ensayo en un horno de pruebas de resistencia al fuego, como el mostrado en la Foto 3. En este sentido, la RF de vigas, columnas, puertas, secciones de pared, protecciones de penetraciones y juntas, etc., queda determinada

por su rendimiento en este horno que se calienta siguiendo la curva normalizada tiempo-temperatura. Estas pruebas están diseñadas para elementos constructivos donde su resistencia al fuego generalmente se determina en términos de una RF de 20 min, 30 min, 45 min, una hora, 1.5 horas, dos horas, tres horas o cuatro horas.

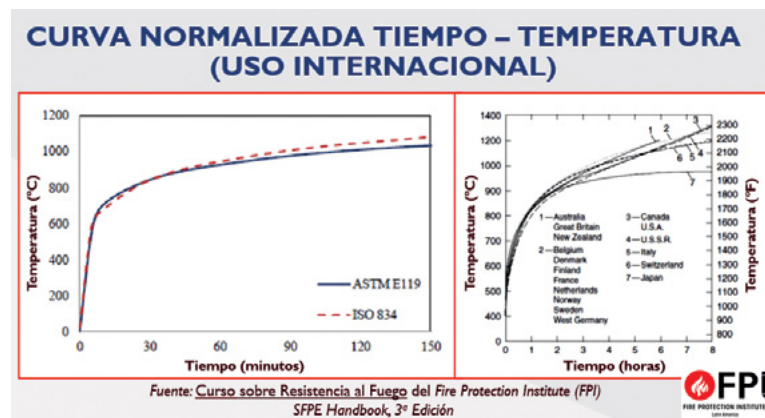
## CURVA TIEMPO-TEMPERATURA NORMALIZADA

Los primeros conceptos de ingeniería de protección contra incendios que trataron de cuantificar la severidad de los incendios fueron sobre el impacto que los incendios tenían en la estabilidad estructural de los edificios. Una de las primeras pruebas a elementos RF se efectuaron en un club de arquitectos en Londres en 1790<sup>2</sup>. Pero no fue sino hasta un siglo después, luego del Gran Incendio de Baltimore en 1904, el cual fue iniciado por el colapso de un edificio de 10 pisos mientras estaba incendiado, que en la Universidad de Columbia en Nueva York se empezó a estudiar el tema de cómo probar la resistencia al fuego de un edificio<sup>3</sup>.

Fue así como la curva normalizada tiempo-temperatura, que hoy día es utilizada de manera casi idéntica a nivel mundial, fue ideada. Esta curva tiempo-temperatura ha sido definida, por más de 100 años, en la ASTM E119, Métodos Estandarizados de Pruebas para Ensayos de Resistencia al Fuego de Edificios y Materiales de Construcción.

Las normas internacionales, lideradas por ISO 834, Ensayos de Resistencia al Fuego – Elementos Constructivos en Edificios, utilizan una curva tiempo-temperatura bastante similar a la de ASTM E119. Esto quiere decir que los especímenes constructivos que se ensayan en un horno de pruebas en la mayoría del mundo moderno, para establecer su RF, se analizan básicamente bajo la misma temperatura.

La figura anexa tomada de un curso que yo dicto sobre RF compara diferentes curvas tiempo-temperatura de uso internacional.



## DIFERENCIAS ENTRE LAS PRUEBAS EUROPEAS Y LAS DE ESTADOS UNIDOS

Como ya se estableció, las curvas tiempo-temperatura utilizadas en Europa son similares a las que se utilizan en la normativa de los Estados Unidos. La normativa europea es extensa sobre este tema y establecer una comparación punto a punto entre los requerimientos europeos y los encontrados en NFPA sería casi imposible.

Pero en mi opinión si una puerta o una pared con RF similar, tienen certificación ya sea en Europa o en los Estados Unidos o Canadá, esta podría ser aprobada. Las pruebas bajo ASTM E119 requieren una prueba de chorro de agua (hose test) para garantizar que el elemento constructivo sea capaz de soportar el abuso de una manguera de extinción de incendios de alta presión, algo que a mí me parece muy práctico. Los europeos no requieren esta prueba.

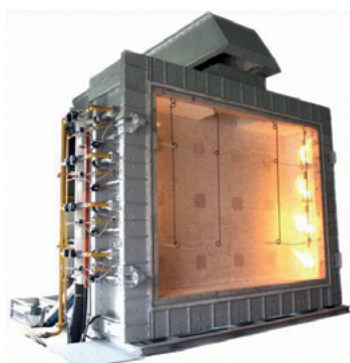


Foto 3 – Horno de pruebas de resistencia al fuego para elementos constructivos.

En la tabla a continuación, se contrasta la normativa europea (BS EN 1364-1, Ensayos de Resistencia al Fuego para Elementos No Portantes. Parte 1: Paredes) con la de Estados Unidos (ASTM E119). Se puede observar que existen diferencias, pero estas no son importantes. A propósito, BS EN 1364-1 utiliza la curva tiempo-temperatura especificada en ISO 834.

MEDICIÓN EN LA PARED NO EXPUESTA AL FUEGO	ASTM E119	BS EN 1364
Incremento de temperatura promedio encima de la temperatura inicial (Clasificación I)	≤121°C	≤140°C
Incremento de temperatura máxima encima de la temperatura inicial (Clasificación I)	≤163°C	≤180°C
Evidencia que no hay llama sostenida (Clasificación E)	✓	✓
Evidencia que los gases calientes no ha encendido una almohadilla de algodón (Clasificación E)	✗	✓
Medición de la radiación (Clasificación W)	✗	< 15 KW/m² a 1 m de la pared
Prueba de chorro de agua	✓	✗

Tal vez una de las principales diferencias entre estas normas está en cómo se expresa la clasificación de la RF. La resistencia al fuego en la normativa NFPA se expresa típicamente en horas, excepto para elementos RF de menos de 1 hora, cuando se expresa en minutos. La normativa europea utiliza resistencias al fuego que se expresan en minutos, pero adicionalmente establecen independientemente la Integridad (E), Aislamiento Térmico (I) y Control de la Radiación (W). Estas clases de RF se pueden entender mejor con la siguiente gráfica.

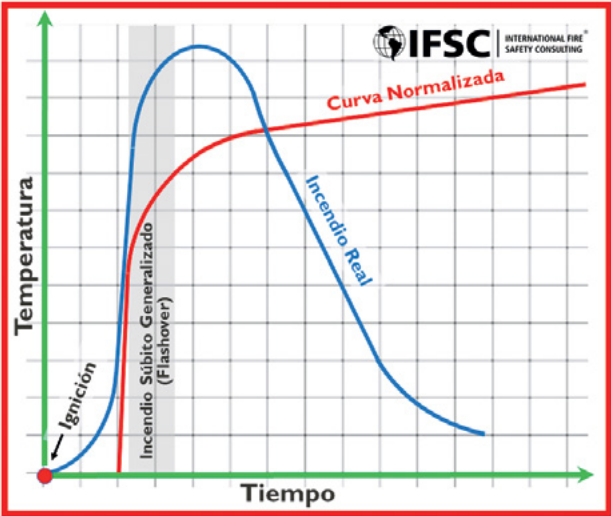
ENTENDIENDO LA RESISTENCIA AL FUEGO

Como ya lo mencioné, la resistencia al fuego se entiende como la aptitud de un elemento constructivo de mantener sus propiedades en presencia de un incendio durante un tiempo determinado. Esto a veces se ha confundido con la severidad del incendio, el cual es una función de la intensidad y del tiempo del fuego expuesto. Aunque tiene sentido entender que la severidad de un incendio está relacionada con la resistencia al fuego, este concepto ha perdido razón de ser y se considera obsoleto.



Desafortunadamente en muchos de nuestros países, sobre todo en la parte sur de Sudamérica, los códigos piden que se ejecute un estudio de la carga de fuego del edificio para establecer la resistencia al fuego del edificio.

Este concepto, sin embargo, desde los años 80 se ha tildado como obsoleto, puesto que el incendio moderno tiende a tener una temperatura inicial mucho más alta que la mostrada en la curva normalizada tiempo-temperatura, pero tiende a extinguirse más rápidamente que lo que ocurría en los incendios hace 50 o más años, debido a la combustibilidad mucho más alta del mobiliario y contenidos de los edificios modernos. La figura anexa muestra, de manera conceptual, la diferencia entre la curva normalizada tiempo-temperatura y un incendio real.



¿CÓMO SE RECONOCE LA RF?

Típicamente esto se logra a través de pruebas en laboratorios de ensayos de resistencia al fuego. Estas pruebas son realizadas típicamente por un laboratorio independiente, siendo *Underwriters Laboratories* (UL) el laboratorio de ensayos más conocido. *Factory Mutual* también recientemente empezó a realizar estas pruebas. En Latinoamérica existen cuatro laboratorios de ensayos: IPT en Brasil, INTI en Argentina, y dos en Chile, IDIEM y DICTUC. Reitero no es válido que el fabricante del elemento constructivo certifique su propio producto, certificación que la debería determinar siempre uno de estos laboratorios de ensayo independientes. ■

Referencias:

<sup>1</sup> Manual de Protección Contra Incendios de la NFPA, Quinta Edición, Moncada, J. y Moncada, J.A., editores, página 10-1.

<sup>2</sup> The History of Fire Protection Engineering, NFPA-SFPE, Richardson, J.K., página 8.

<sup>3</sup> The History of Fire Protection Engineering, NFPA-SFPE, Richardson, J.K., página 9-12.

Fotos: Cortesía Jaime A. Moncada