

## **N° 26190-MEIC**

EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA

Y EL MINISTRO DE ECONOMIA INDUSTRIA Y COMERCIO,

En uso de las atribuciones que le confiere el artículo 140 de la Constitución Política en sus incisos 3) y 18) Artículo 28 .2b de la Ley General de Administración Pública, Ley de Normas Industriales, N° 1698 de 26 de noviembre de 1953, Ley del Sistema Internacional de Unidades, N° 5292 de 9 de agosto de 1973, Ley de la Promoción de la Competencia y Defensa Efectiva del Consumidor, .N° 7472 de 20 de diciembre de 1994, Ley de Aprobación Tratado de Libre Comercio Estados Unidos Mexicanos-Costa Rica, N° 7474 de 20 de diciembre de 1994, Ley de Aprobación del Acta Final en que se incorporan los Resultados de la Ronda de Uruguay de Negociaciones Comerciales Multilaterales, N° 7475 de 20 de diciembre de 1994, Ley Orgánica del Ministerio de Economía Industria y Comercio, Ley 6054 de 14 de junio de 1977 y sus reformas.

### *Considerando:*

1°—Que es necesario establecer las condiciones de ensayo de resistencia al fuego de los diferentes tipos de estructuras y elementos de construcción para la seguridad de la población.

2°—Que este ensayo permite determinar la resistencia al fuego de los elementos de construcción ayudando a evitar riesgos potenciales para la seguridad humana.

3°—Que dentro del contexto de la apertura comercial que esta experimentando el país es necesario proteger al consumidor contra practicas que puedan inducirlo a error o engaño. **Por tanto,**

### **DECRETAN:**

**Artículo 1°**—Aprobar el siguiente reglamento técnico.

**RTCR 336:1997. Ensayo de la resistencia al fuego de las estructuras de la construcción**

## **1 OBJETO**

El presente reglamento técnico tiene por objeto establecer las condiciones de ensayo los criterios que permitan determinar la resistencia al fuego de los diferentes tipos de estructuras y elementos de construcción. Este ensayo permite determinar la resistencia al fuego de los elementos de construcción, con base al tiempo durante el cual las muestras, de dimensiones determinadas, satisfacen los criterios impuestos en las condiciones especificadas para el ensayo.

Para que se puedan tomar las precauciones apropiadas con objeto de proteger la salud, se llama la atención a todas aquellas personas que participen en los ensayos de comportamiento al fuego sobre la eventualidad de producirse gases tóxicos durante la combustión de las probetas.

## **2 CAMPO DE APLICACIÓN**

El presente reglamento técnico es aplicable a los elementos de construcción siguientes:

- a) Muros de carga, muros, tabiques
- b) Columnas y pilares
- c) Vigas
- d) Entrepisos( con o sin cielo raso )
- e) Techos (con o sin cielo raso)

Esta relación no tiene carácter limitante. Los elementos que no entren dentro de las categorías precedentes podrán ensayarse por analogía con la del elemento semejante entre los citados.

Este ensayo no se debe utilizar para la clasificación de materiales aislados, o componentes como tales, de un elemento de construcción. Las puertas, ventanas y marcos son objeto del reglamento técnico RTCR 335:1997. Ensayos de resistencia al fuego de puertas y otros elementos de cierre de varios. Los elementos de cierre vidriados estarán sujetos a la norma UNE 23-801.

## **3 MEDIOS NECESARIOS**

Los principales medios de ensayo son los siguientes:

### **3.1 Horno**

Un horno que debe ser capaz de someter a un elemento de ensayo a las condiciones de temperatura y presión indicadas en el numeral 4.

### **3.2 Equipo para la aplicación de cargas (si fuera necesario).**

### **3.3 Termopares**

Para la medida de la temperatura interna del horno y de las temperaturas superficiales e internas de los elementos de ensayo, conforme a las especificaciones dadas en los apartados 4.1.2, 4.1.3 y 4.1.4.

### **3.4 Equipos para la medida de las sobre presiones en el horno, en los ensayos de muros y entrepisos.**

## **4 PROGRAMA TERMICO Y CONDICIONES DE PRESION NORMALIZADAS**

### **4.1 Programa térmico normalizado**

#### **4.1.1 Elevación de la temperatura.**

La temperatura del recinto del horno debe regularse de manera que varíe con el tiempo (dentro de los límites definidos en 4.1.3) conforme a la ecuación siguiente:

$$T - T_0 = 345 \log_{10} (8t + 1)$$

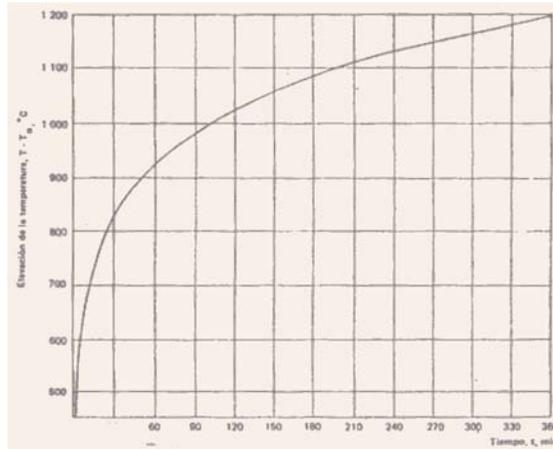
donde

t = Tiempo, expresado en minutos

T = Temperatura del horno en el tiempo t, medida en grados centígrados

T<sub>0</sub> = Temperatura inicial (ambiente) del horno, medida en grados centígrados

En el gráfico de la figura 1 se presenta la “curva normalizada tiempo-temperatura”



**Fig. 1. Curva normalizada, tiempo-temperatura**

De la ecuación anterior se obtienen los valores numéricos que se indican en la tabla siguiente:

**Tabla. Elevación de la temperatura del horno en función del tiempo**

<b>Tiempo t (min)</b>	<b>Elevación de la temperatura del horno (T-To) en función del tiempo (°C)</b>
5	556
10	659
15	718
30	821
60	925
90	986
120	1029
180	1090
240	1133
360	1193

#### **4.1.2 Medida de la temperatura del horno**

**4.1.2.1** Se considera que la temperatura del horno es la media de las temperaturas obtenidas por medio de pares termoelectricos dispuestos simetricamente en el interior del horno, con el fin de reflejar así lo más exactamente posible la temperatura media del mismo.

**4.1.2.2** El número de pares termoelectricos no debe ser inferior a:

- un par para 1,5 m<sup>2</sup> de superficie para muros y suelos;
- dos pares para cada metro de longitud para vigas;
- dos pares para cada metro de altura para columnas

El número de termopares no debe ser inferior a cinco.

**4.1.2.3** Los hilos de los termopares deben tener un diámetro comprendido entre 0,75 mm y 1,5 mm y se dispondrán de tal modo que su punto de soldadura caliente esté a 100 mm del punto mas próximo al del elemento sometido al ensayo. Esta distancia se debe mantener tan constante como sea posible durante el ensayo.

Los termopares recubiertos pueden utilizarse, a condición de que su sensibilidad no sea muy débil y de que su constante de tiempo no sea mas elevada que la de los termopares de alambre desnudo.

Los hilos metálicos de los pares termoelectricos se deben colocar, a partir de unos 25 mm de la soldadura caliente, en tubos abiertos de material aislante resistentes al fuego, como porcelana u otro análogo.

#### **4.1.3 Tolerancias**

**4.1.3.1** Para el desvío medio de la elevación de temperatura del horno

El desvío medio de la elevación de temperatura del horno viene dado, en tanto por ciento, por la expresión siguiente:

$$\frac{A - B}{B} \times 100$$

en donde:

A = Valor de la integral definida de la temperatura media del horno en función del tiempo.

B = Valor integral de la función  $T - T_Q$  especificada en el apartado 4.1

Las tolerancias de la desviación media serán las siguientes:

Durante los 10 primeros minutos de ensayo	$\pm 15 \%$
Durante la primera media hora	$\pm 10 \%$
Después de la primera media hora	$\pm 5 \%$

#### **4.1.3.2** Para la distribución de las temperaturas en el horno

En ningún caso, después de transcurrir los primeros 10 min de la prueba, la temperatura del horno (registrada por cualquiera de los termopares) debe diferir de la temperatura correspondiente en la curva normalizada tiempo-temperatura en más de  $100^\circ$

Para los elementos de ensayo que contengan una determinada cantidad de materiales combustibles, el desvío de cualquiera de los termopares no debe sobrepasar  $200^\circ \text{C}$

#### **4.1.4** Medida de la temperatura de los elementos de ensayo

Las temperaturas de la superficie de los elementos del ensayo deben medirse por medio de termopares cuyos hilos tengan un diámetro máximo de 0,7 mm.

Cada soldadura de los termopares debe realizarse en el centro de un disco de cobre de 12 mm de diámetro y de 0,2 mm de espesor, el cual debe fijarse a la superficie del elemento de ensayo en la posición requerida.

Estos discos se recubrirán de un taco cuadrado de asbesto (secado al horno) de 30 mm de lado y de 2 mm de espesor. El material de asbesto deberá tener una densidad de  $1000 \text{ kg/ cm}^3$ .

El disco y el taco cuadrado de asbesto podrán fijarse de distintas formas a la superficie del elemento, tales como clavos, grapas o algún adhesivo adecuado, según la naturaleza del material del elemento a ensayar.

## 4.2 Condiciones de presión

Deberá existir en el horno una sobrepresión <sup>1</sup> de 10 2 Pa (1,0 0,2 mm) <sup>2</sup> durante todo el periodo de calentamiento para el ensayo de los elementos de separación de la edificación.

Para elementos de separación verticales, debe presentarse una sobrepresión en los dos tercios superiores de la altura de los mismos. Debe medirse y vigilarse el mantenimiento de la sobrepresión especificada:

- a) para los elementos horizontales, a 100 mm de la superficie inferior del elemento de ensayo;
- b) para los elementos verticales, en un punto situado aproximadamente en los tres cuartos de la altura del elemento de ensayo.

**Nota:** La diferencia de presión puede igualmente obtenerse disminuyendo la presión sobre la cara no expuesta.

Pisos y techados apoyados	luz	4m
sobre cuatro lados	anchura	3m
Vigas	luz	4m
Columnas	altura	3m

## 5 PREPARACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE ENSAYO

### 5.1 Dimensiones

**5.1.1** Los elementos para el ensayo deben ser de tamaño natural siempre que sea posible.

**5.1.2** Cuando no sea posible se recomiendan las dimensiones mínimas siguientes: <sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Esta condición no es obligatoria durante los primeros 5 min. del ensayo.

<sup>2</sup> 1 Pa= 1 N/m<sup>2</sup>

<sup>3</sup> Durante un periodo limitado, los ensayos sobre muros y tabiques de dimensiones ligeramente menores se autorizan a condición que sea respetado lo indicado en A.5.

Muros y tabiques	altura	3m
	anchura	3m
Pisos y techados apoyados sobre dos lados	luz	4m
	anchura	2m

## 5.2 Preparación

El ensayo se debe efectuar sobre un elemento representativo del elemento de construcción completo sobre el cual se requiera información. Cada tipo de elemento requiere un tratamiento distinto, y se debe tratar de reproducir las condiciones de servicio en cuyo contorno o límite y el método de fijación o apoyo ha de ser representativo del que se utilice en la práctica.

Un tabique debe incluir al menos, una muestra de cada tipo representativo de junta. Un muro podrá incluir una viga o columnas que formen parte integral del elemento para establecer la composición del conjunto. Un elemento podrá asimismo, incluir una puerta o vidriera con el fin de estimar el comportamiento global del conjunto.

Cuando se estime que un techo o cielo raso suspendido contribuya a la resistencia al fuego de un suelo o techado horizontal, el elemento debe incluir el citado cielo raso, dispuesto en las mismas condiciones de servicio.

Cuando un elemento represente a una columna que forme el lado de una abertura (vano o luz) en una pared, en cara o caras no expuestas, deben estar convenientemente protegidas (resguardadas), de manera que así quede puesta de manifiesto su protección en las mismas condiciones de servicio que ofrezca la pared.

**5.2.2** Los materiales y las directrices de instalación del elemento de ensayo, serán representativas de los que se empleen en condiciones de servicio, definidas en los reglamentos y normas nacionales existentes.

## 5.3 Acondicionamiento

El elemento para el ensayo se debe acondicionar de tal manera que corresponda lo más aproximadamente posible, en temperatura, en contenido de humedad y en esfuerzos mecánicos, al estado de elemento similar en servicio.

### 5.3.1 Contenido de humedad

El elemento no se debe ensayar hasta que su contenido de humedad este en equilibrio dinámico con un ambiente atmosférico que se aproxime al de servicio. Este equilibrio dinámico se puede comprobar, bien en el mismo elemento o en una muestra representativa del mismo.

El secado del elemento a ensayar puede hacerse por medios naturales o artificiales, pero nunca deberá llegarse a una temperatura que pueda perjudicar las propiedades de resistencia al fuego del elemento. Se recomienda una temperatura que no exceda a 60°C.

Cuando sea posible conocer el contenido de humedad de los materiales principales del elemento, se medirá al iniciar el ensayo y se debe incluir en el informe.

### **5.3.2 Resistencia mecánica**

Para los elementos que soporten carga, los materiales constituyentes del elemento a ensayar deberán tener una resistencia mecánica ajustada a la señalada para un elemento similar en condiciones de servicio.

## **6 MÉTODO OPERATIVO**

### **6.1 Condiciones de ensayo**

#### **6.1.1 Sistema de sujeción y carga**

**6.1.1.1** Los sistemas adoptados para el apoyo o sujeción de los extremos o lados del elemento sometido a ensayo, deben ser, en todo lo posible, análogos a los que se aplican a un elemento similar en condiciones de servicio. Si se aplica una tensión en el transcurso del ensayo, las condiciones de esta se deben especificar en relación con la libertad de movimiento del elemento y, en la medida de lo posible, con aquellas fuerzas externas y momentos que son transmitidos al elemento por su sujeción durante el ensayo.

**6.1.1.2** En el caso de pisos y vigas cuyas condiciones límites de servicio son desconocidas o variables, el elemento debe ser simplemente apoyados en sus esquinas o extremidades.

En lo que concierne a las columnas y muros sometidos a una sujeción parcial o total, en el sentido de dilatación longitudinal, puede ser necesario, para obtener una evaluación total del comportamiento de la estructura, proceder a un ensayo complementario en las condiciones de sujeción

longitudinal que corresponda lo mas posible a las condiciones que existan en la practica.

**6.1.1.3** Media hora antes, como mínimo, de iniciar el calentamiento, el elemento a ensayar que tenga que soportar cargas, debe someterse a una carga que, en las regiones criticas del elemento, produzca tensiones de la misma magnitud que las que normalmente se producen en el elemento de tamaño real cuando esta sometido a carga.

Cuando se crea conveniente, se debe aplicar una carga previa al elemento que se ensaya para garantizar una estabilización de la deformación y del apoyo y equipo de carga. La aplicación de la carga se puede repetir varias veces, hasta alcanzar la citada estabilización.

**6.1.1.4** El nivel y distribución de la carga aplicada debe mantenerse constante durante el ensayo.

**6.1.1.5** Los elementos de ensayo que no soporten carga no deben ser sometidos a una carga externa durante la prueba de resistencia al fuego (véase el anexo A.6.1).

## **6.1.2 Exposición al calor**

**6.1.2.1** Las columnas aisladas se deben ensayar aplicando el calor sobre toda su superficie y altura.

**6.1.2.2** Los elementos que tengan la función de separar espacios, deben calentarse solamente por una sola cara.

Aquellos elementos que tengan que resistir al fuego en una sola dirección, deben ensayarse según esa dirección.

Aquellos otros que hayan de resistir fuego en cualquier dirección, deben ensayarse en la dirección, que, a juicio de los técnicos del laboratorio, ofrezca la menor resistencia.

En caso de duda, cada cara debe ser ensayada por separado, con elementos de ensayo distintos.

## **6.2 Comprobaciones y mediciones durante el ensayo**

La resistencia al fuego de estructuras portantes o de los elementos estructurales sometidos a carga, debe ser juzgada según el criterio de estabilidad; la de los elementos de separación, según los criterios de estanquidad y aislamiento

térmico; y la de elementos de separación que soporten cargas, según los criterios de estabilidad, de estanquidad y aislamiento térmico. En la mayoría de los casos, sólo una débil pérdida de estanquidad (falta inicial de estanquidad) puede ser aceptada; en otros casos, puede aceptarse una mayor pérdida de estanquidad (falta de estanquidad final).

En todos los casos de elementos de separación estructurales, se debe determinar la falta inicial de estanquidad.

### **6.2.1 Capacidad portante y deformaciones**

**6.2.1.1** En el caso de un elemento portante, debe anotarse el momento del ensayo en que el elemento no puede aguantar la carga, lo que servirá para evaluar su comportamiento al fuego.

**6.2.1.2** Además, si es posible, se determinaran, durante todo el ensayo las propiedades y características siguientes:

- a) Deformaciones que pueden facilitar un análisis del comportamiento estructural del elemento y una aplicación de los resultados de los ensayos;
- b) Movimientos libres del elemento;
- c) Fuerzas y elementos transmitidos por el esfuerzo al elemento según el apartado 6.1.1.1;
- d) Otros fenómenos importantes para la capacidad de soporte de carga del elemento tales como, agrietamientos, fragmentación y transformaciones estructurales del material.

Cuando sea necesario para una aplicación de los resultados del ensayo, se debe determinar la distribución de la temperatura en el interior del elemento que se ensaya por medio de termopares, colocados de tal manera que proporcionen una base satisfactoria para estimar la función y el comportamiento del elemento durante el ensayo.

**6.2.1.3** En el caso de elementos de separación, deben medirse y anotarse durante el ensayo las deformaciones susceptibles de tener efectos importantes sobre la función del elemento. Ha de tomarse nota del momento en que el elemento pueda satisfacer las exigencias funcionales.

### **6.2.2 Aislamiento térmico**

**6.2.2.1 Temperatura media de la cara no expuesta.** En los elementos en una de las caras no se somete a calentamiento, la temperatura de la cara no expuesta al fuego debe medirse por medio de cinco termopares, uno colocado aproximadamente en el centro de la cara y los otros aproximadamente en los puntos medios de las rectas que unen al centro y los ángulos. Cualesquiera otros puntos de medida adicional (además de los cinco termopares) deben disponerse tan uniformemente como sea posible, sobre la cara no expuesta del elemento.

Ninguno de los termopares destinados a medir la elevación de la temperatura media debe ser montado en el lugar donde las piezas metálicas de unión atraviesan el elemento de ensayo, ni a menos de 100 mm de sus bordes.

En el caso de estructuras que comprendan elementos compuestos, la disposición del elemento para el ensayo se debe asegurar de forma que las uniones no coincidan con los puntos de medida antes indicados.

La media de las temperaturas medidas en los puntos indicados sin contar las temperaturas medidas en la uniones, se considera como la temperatura media de la cara no expuesta.

**6.2.2.2 Temperatura máxima de la cara no expuesta.** Como complemento se debe medir en cualquier momento durante el ensayo la temperatura en el punto que aparezca como la más elevada.

Esta temperatura no debe emplearse para calcular la temperatura media, (excepto en el caso de que el punto en que se haya alcanzado esa temperatura se corresponda con alguno cuya situación sea la especificada en el apartado 6.2.2.1), pero debe tener en cuenta para determinar si se ha cumplido con el criterio de máxima temperatura.

### **6.2.3 Estanquidad**

**6.2.3.1** Para determinar el momento en que se produzca el fallo inicial de estanquidad, debe existir una diferencia de presión entre la cara del horno y la cara no expuesta al elemento de ensayo. Hay que anotar la observación de todas las llamas mantenidas sobre la cara no expuesta, así como el encendido de un tampón de algodón sostenido durante 10 s como mínimo y 30 s como máximo, a una distancia de 20 a 30 mm de cualquier fisura, grietas o abertura de la cara no expuesta, indicando que el encendido se ha producido por los gases calientes. El tampón no debe volver a emplearse si

ha absorbido humedad o si se ha carbonizado en el curso de una aplicación precedente.

El tampón de algodón, que mide aproximadamente 100 mm x 100 mm x 20 mm, debe estar constituido por fibras de algodón nuevas, no teñidas y suaves, sin ninguna adición de fibras artificiales. Su masa debe estar comprendida entre 3 y 4 g. El tampón debe estar acondicionado por secado en una estufa, a 100° C durante 0,5 h al menos. Debe estar fijado por uniones metálicas tipo "clips" en un cuadro de dimensiones 100 mm x 100 mm en hilo de acero de 1 mm de diámetro, unido a un mango de 750 mm de longitud aproximadamente. Hay que anotar el momento y la posición en que se produce el primer encendido de algodón.

**6.2.3.2** Para determinar el momento en que se produce el fallo final de estanquidad, el ensayo debe proseguirse después del momento en que se produce el fallo inicial de estanquidad, debiéndose anotar las observaciones complementarias relativas a las fisuras, orificios u otras aberturas a través de las cuales podrían pasar las llamas o los gases. El hundimiento parcial o completo de un elemento de separación no portador debe anotarse, porque constituye el fallo final de estanquidad. (véase 7.2.3.2)

#### **6.2.2.4 Observaciones complementarias**

En el curso del ensayo, hay que anotar todas las observaciones relativas a las modificaciones e incidentes que, sin ser criterios de evaluación, podrían crear riesgos en un inmueble, incluidos, por ejemplo, la emisión de humos o vapores nocivos por la cara no expuesta de un elemento de separación.

### **6.3 Duración del ensayo**

**6.3.1** El elemento de ensayo debe calentarse de la forma descrita en principio hasta que uno cualesquiera de los criterios establecidos deje de satisfacer, a saber:

- Estabilidad(capacidad portante) (ver 7.2.1)
- Aislamiento térmico (ver 7.2.2)
- Estanquidad (ver 7.2.3)
- No emisión de gases inflamables (ver 7.2.4)

**6.3.2** Salvo para los elementos de ensayo sometidos al único criterio de capacidad portante ( estabilidad mecánica) (véase 7.2.1), cuando una de las restantes condiciones (véase 7.2.2 o 7.2.3) no se satisfaga puede convenirse por acuerdo previo entre las autoridades encargadas del ensayo

y el solicitante que prosiga el ensayo hasta la no satisfacción de la otra condición, siempre que los elementos no se hayan hundido antes.

**6.3.3** Por el contrario, el ensayo puede detenerse al cabo de un determinado tiempo por acuerdo previo entre las autoridades encargadas del ensayo y el solicitante, aún cuando no se produzca ningún fallo de los criterios especificados al cabo de este tiempo.

**6.3.4** La duración, a contar desde el comienzo del periodo del calentamiento, durante el cual los elementos de ensayo han satisfecho cada uno de los criterios especificados, deben expresarse en minutos.

## **7 CRITERIOS DE VALORACIÓN**

### **7.1 Resistencia al fuego**

**7.1.1** La resistencia al fuego de los elementos de construcción es la duración expresada en minutos, contados según 4.4.1, hasta el momento en que el elemento de ensayo deja de satisfacer el o los criterios exigidos ( capacidad portante, aislamiento térmico, estanquidad de no emisión de gases inflamables) y que le conciernen (ver definición en el reglamento técnico RTCR 286:1997. Tecnología del fuego.

### **7.2 Criterios de resistencia al fuego**

Los criterios funcionales de resistencia al fuego comportan las especificaciones de capacidad portante (estabilidad mecánica) para un elemento portador, las de aislamiento térmico, de estanquidad y, en su caso, de no emisión de gases inflamables para un elemento de separación, y el de todos los criterios para un elemento portador de separación.

#### **7.2.1 Capacidad portante**

Los elementos estructurales portadores no deben perder su estabilidad mecánica hasta el punto que no pueden ejercer la función portante que se les ha asignado en la construcción <sup>1</sup>.

#### **7.2.2 Aislamiento térmico**

Para los elementos estructurales, tales como muros y techos cuya función es separar dos partes de un edificio:

- a) La temperatura media de la cara no expuesta no debe sobrepasar la temperatura inicial en más de 140° C.
- b) La temperatura máxima alcanzada en un punto cualquiera de esta cara
  - No debe sobrepasar la temperatura inicial en más de 180° C y
  - No debe sobrepasar 220 ° C cualquiera que sea la temperatura inicial

### **7.2.3 Estanquidad**

**7.2.3.1** Para los elementos de estructura tales como muros y techos cuya función es separar dos partes de un edificio, no deben existir o formarse, en el elemento de ensayo, fisuras y orificios u otras aberturas a través de los cuales las llamas o los gases calientes pueden pasar, y sean susceptibles de provocar el fallo inicial de la estanquidad.

**7.2.3.2** Se considera que el fallo inicial de la estanquidad ha tenido lugar cuando el tampón de algodón mencionado en 6.2.3.1, inicia su combustión, o cuando aparecen del lado de la cara no expuesta, del elemento de ensayo, llamas que se mantienen al menos, 10 s.

Se considera que el fallo final de la estanquidad ha tenido lugar si ocurre el hundimiento parcial o total del elemento o el fallo de los criterios conformen hayan sido estipulados para cada caso.

### **7.2.4 No emisión de gases inflamables**

**7.2.4.1** La valoración de este criterio se regirá por lo establecido en cada caso<sup>2</sup>.

**Nota:** Las expresiones aislamiento térmico, estanquidad y capacidad portante deben aparecer a continuación de la duración, expresada en minutos. Que indica el período durante el cual el elemento ha satisfecho la función considerada.

- 1) Puede verificarse un valor límite de la flecha central para las vigas y los techos.
- 2) Ver reglamentos técnicos RTCR 286. Tecnología del fuego y RTCR 335:1997. Ensayos de resistencia al fuego de puertas y otros elementos de cierre de varios.

## **8 INFORME DEL ENSAYO**

El informe del ensayo deben contener las indicaciones siguientes:

- a) nombre del laboratorio que ha realizado el ensayo;
- b) nombre del técnico responsable del mismo,
- c) fecha del ensayo;
- d) nombre del fabricante, y en su caso, marca de fábrica del producto;
- e) información detallada sobre las propiedades físicas y, mecánicas de los materiales utilizados, incluyendo dibujos que ilustren las características esenciales;
- f) modos de fijación y de montaje utilizados para cada tipo de elemento;
- g) para los elementos portadores, métodos utilizados para el calculo de la carga de ensayo y su relación con la carga máxima admisible;
- h) para los elementos de separación asimétrica, el sentido en el cual el elemento ha sido ensayado y justificación del procedimiento operatorio adoptado;
- i) observaciones obtenidas durante el ensayo efectuado en 6.2
- j) resultados del ensayo conforme a 7.1. Si al final del ensayo no aparece ningún fallo relativo a los criterios establecidos, tomar nota de ello.

## **9 GARANTÍA DE CUMPLIMIENTO O CONFORMIDAD**

Para lo que establece el presente reglamento técnico el fabricante debe contar con los sistemas de control de calidad que comprueben el control estadístico de los ensayos los cuales pondrá a disposición de la Institución del Estado encargada de velar por el cumplimiento del presente reglamento técnico cuando la Administración Pública así lo disponga.

## **10 DOCUMENTOS PARA CONSULTA**

UNE 23-801 -Ensayo de resistencia al fuego de elementos de construcción vidriados.

INTE 21-06-02-96 -Ensayo de resistencia al fuego de puertas y otros elementos de cierre de huecos.

UNE 23-806 -Ensayo de estabilidad al chorro de agua de los materiales protectores de estructuras metálicas.

## **11 CORRESPONDENCIA**

El presente reglamento técnico es una homologación de la norma Española "**Ensayo de la resistencia al fuego de las estructuras y elementos de la construcción**" UNE 23-093, que a su vez corresponde con la norma internacional ISO 834, incluidas las enmiendas A1 y A2.

## **ANEXO A**

### **COMENTARIOS**

#### **A.0 INTRODUCCION**

El presente anexo ha sido establecido para suministrar comentarios sobre el cuerpo del presente reglamento técnico y con el fin de que sirva de guía para la preparación y la ejecución del ensayo, a si como la redacción del informe correspondiente.

Las posibilidades de predecir el comportamiento al fuego de una construcción, tomando como base los resultados de un ensayo de resistencia al fuego normalizado, se discuten en ISO\TR 3956.

Que los resultados de los ensayos sean reproducibles es una exigencia fundamental para los ensayos de resistencia al fuego efectuados conforme al presente reglamento técnico. Esta exigencia hace necesaria la especificación precisa y detallada de las condiciones de ensayo, de la preparación de los elementos a ensayar y de las características de calentamiento, de carga y de sujeción.

Los resultados de los ensayos pueden servir como datos para la concepción de las construcciones resistentes al fuego, teniendo en cuenta las condiciones reales. Esto exige que las características y resultados del ensayo se especifiquen, se midan y se expresen con un grado de precisión y de forma lo suficientemente detallado para que el elemento de ensayo pueda analizarse en cuanto a su comportamiento funcional en la estructura completa.

Estos resultados detallados de un ensayo de resistencia al fuego, facilitaran también la clasificación y la aplicación internacional (por coincidir este reglamento técnico con la ISO 834) de los datos y el ensayo en los países cuyas exigencias de clasificación son diferentes. Para realizar un análisis satisfactoria de los resultados puede ser necesario completar un ensayo de resistencia al fuego con otros, para determinar las propiedades concretas a considerar, por ejemplo con la conductibilidad térmica, el calor específico, y las propiedades relativas a los esfuerzos y a las deformaciones en la banda de las temperaturas asociadas a incendios.

Las explicaciones siguientes tienen por objeto servir de guía para la preparación, ejecución y el informe de un ensayo de resistencia al fuego conforme a los principios indicados mas arriba. Los números de apartado corresponden a los del texto del presente reglamento técnico.

## **A.1 OBJETO**

La resistencia al fuego de un elemento de construcción se define como la duración medida desde el comienzo del periodo del calentamiento determinado según el numeral 4, hasta el momento en que el elemento no satisfaga las exigencias funcionales a las que debe satisfacer.

Las funciones pueden ser:

- a)** Una función portadora (por ejemplo para una columna o para una viga);
- b)** Una función de separación (por ejemplo para un tabique o para un muro no portador);
- c)** Una función portadora y de separación (por ejemplo, para un muro portador y para un suelo),

Para un elemento portador hay que señalar que en el curso de acción del fuego, la capacidad portante no debe de crecer por debajo del nivel prescrito multiplicado por un factor de seguridad estipulado. Este factor depende entre otras cosas, de la probabilidad de incendio, de la probabilidad de presencia de la carga prescrita en caso de incendio y las características estadísticas de la carga de fuego y de la capacidad portante. Desgraciadamente, el estado actual de conocimiento es insuficiente para permitir proceder a una aproximación estadística de este problema, esencial en los casos corrientes. En consecuencia, un procedimiento simplificado se aplica como solución provisional de este problema; se caracteriza por el hecho de utilizar una carga de ensayo igual a la carga prevista y emplear el factor de seguridad requerido correspondiente, aumentado exactamente en una unidad.

Para un elemento de separación en el curso de la acción fuego, el aumento de la temperatura media de la cara no expuesta y la temperatura máxima en cualquier punto de esta cara, no han de sobrepasar los valores especificados (aislamiento termino, véase 7.2.2) y no ha de producirse ninguna llama sostenida ni ninguna inflamación de gases calientes sobre la cara no expuesta del elemento (

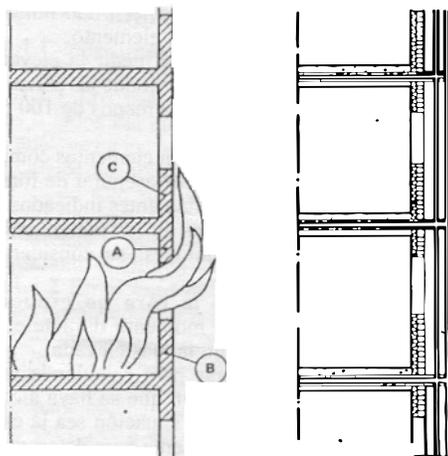
estanquidad véase 7.2.3). Las exigencias pueden valorarse entonces en lo que concierne a la estanquidad. En la mayoría de los casos, no se puede admitir mas que una débil pérdida de estanquidad, limitada por los criterios de fallo inicial de la estanquidad, según 7.2.3.2.

En los ensayos de resistencia al fuego de un elemento de separación este tipo de fallo de la estanquidad debe determinarse siempre. Hay determinados casos para los cuales puede autorizarse una pérdida de estanquidad más considerable sin peligro apreciable de extinción del fuego a través de los elementos de separación, a un comportamiento adyacente. Para una limitación de este riesgo, el concepto de fallo final de la estanquidad se introduce y define según los criterios estipulados en cada caso, por ejemplo sobre la base del ensayo descrito en el anexo B UNE 23802. El concepto de fallo final de la estanquidad sustituye al antiguo concepto de pérdida de estabilidad de los elementos no portadores.

En fin, un elemento portador o de separación debe juzgarse según los criterios de capacidad portante, de aislamiento térmico y de estanquidad (fallo inicial y final de la estanquidad).

## A.2 CAMPO DE APLICACION

El presente reglamento técnico se limita a la determinación experimental de la resistencia al fuego de los elementos de construcción que se encuentran en locales o que constituyen partes de las estructuras del recinto de uno de estos locales.



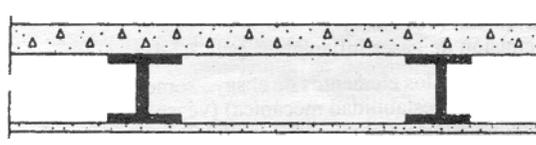
**Figura 2 -Ejemplo de exposición al fuego de los elementos de construcción**

En este ultimo caso, el campo de aplicación es solamente para los elementos de estructuras expuestos al fuego sobre su cara interior.

Esta especificación no es aplicable directamente a los muros portadores que pueden ser atacados simultáneamente en los dos lados por el fuego, sin embargo, en ciertos casos particulares pueden tratarse por asimilación a pilares que tendrían formas de muros.

El presente reglamento técnico no puede aplicarse directamente, por ejemplo a la paredes exteriores, a los pilares, a las vigas indicadas por A, B, C, y D en la figura 2, ni a los techados expuestos al fuego por el exterior. Según la figura 2 un elemento de construcción del tipo A esta expuesto directamente al fuego sobre su cara interior y sobre su cara exterior en condiciones diferentes de calefacción para cada una de ellas. Un elemento de construcción del tipo B esta directamente expuesto al fuego sobre su cara interior y se expone simultáneamente sobre su cara exterior a la radiación procedente de las llamas y de la combustión de los gases que se escapan del local incendiado. En el caso en que este efecto de radiación sea poco importante el elemento de estructura puede ensayarse según el presente reglamento técnico. Para un elemento de construcción compuesto por los componentes A y B, que actúan funcionalmente juntos, un local incendiado puede conducirse a condiciones de calefacción complicadas, que difieren de las condiciones especificadas en el numeral 4. Una exposición al fuego de la cara exterior sola, en condiciones de calefacción que no pueden expresarse por la curva temperatura-tiempo dada en 4.1.1 es característica para un elemento de estructura del tipo C en condiciones en que las ventanas situadas por encima de este elemento se mantengan intactas. Para un pilar exterior del tipo D, un local incendiado tiene como efecto una exposición al fuego en condiciones de calentamiento variadas a lo largo del pilar.

Es esencial señalar que el ensayo de resistencia al fuego según el presente reglamento técnico no puede ser aplicado nada mas que para un elemento de construcción completo y no para constituyentes y componentes discretos de este elemento. Esto significa, por ejemplo, que un elemento completo del tipo representado en la figura 3 compuesto por una placa de hormigón armado por vigas portadoras de acero y por un techo aislante pueden ser clasificados en base a los resultados de un ensayo de resistencia al fuego, pero no las vigas de acero y el techo aislante tornados separadamente, a menos que formen una parte de un montaje fijo completo que pueda considerarse por separado.



### Figura 3- Elemento típico de construcción

#### A.3 EQUIPO

##### A.3.1 HORNO

No es suficiente una definición precisa de la curva temperatura-tiempo de un ensayo de comportamiento al fuego según 4.1.1 como única característica para la determinación de los campos térmicos de un elemento de construcción expuesto al fuego. Otro factor esencial es el coeficiente de transferencia de calor por las superficies del elemento expuestas al fuego. Este coeficiente está influenciado principalmente por las condiciones de convección y radiación.

Para una curva determinada de temperatura-tiempo, las características de convección y de radiación pueden variar considerablemente de un horno a otro, en función de variables tales como la geometría del interior y las propiedades térmicas del material empleado para su revestimiento, el tipo de combustible, el número, el tipo y el emplazamiento de los quemadores y la forma de la ventilación del horno. Por esta razón puede ser difícil correlacionar los resultados del ensayo obtenidos en diferentes laboratorios. Idealmente, sería preferible efectuar un control de los hornos de forma que regule el flujo térmico total en la superficie del elemento de ensayo. Hasta que no se resuelvan varias dificultades relativas a los instrumentos y a la forma de proceder, debe conservarse una aproximación temperatura-tiempo.

Si el flujo térmico que incide sobre el elemento de ensayo es principalmente una radiación los efectos de la mayor parte de las variables del horno son mínimos este control puede obtenerse mediante el empleo de materiales de revestimiento del interior del horno cuyas temperaturas de superficie sigan estrechamente a la temperatura de gas. De esta forma las paredes interiores del horno radian intensamente produciendo un calentamiento más uniforme del elemento y una mayor reproductibilidad de las condiciones de ensayo entre laboratorios simulando éstas de manera más precisa la transferencia térmica de una estructura de construcción sometida a las llamas de un incendio real. En consecuencia se recomienda en primer lugar que los hornos nuevos y a continuación los ya existentes se revistan interiormente de un material que tenga una inercia térmica  $\sqrt{kpc}$  para 773K sin exceder de

$$600 \text{ W s}^{1/2} / \text{m}^2 \cdot \text{K}^*$$

donde

k es la conductividad térmica del material, en vatios por metro y grado kelvin;  
p e es su densidad, en kg/m<sup>3</sup>  
c es su calor específico, en vatio segundos por kilogramo y kelvin

\* 1 Kcal / h es aproximadamente igual a 1,163 W.

Tales materiales refractarios son disponibles para la forma de fibras minerales, bloques sólidos y de materiales moldeables aunque no resuelvan totalmente ese problema complejo el empleo de tales revestimientos (o de los revestimientos equivalentes) mejorara el control de las temperaturas del horno permitirá reducir considerablemente las tolerancias en 4.1.3.

Otro factor capaz de influir también en los resultados de ensayo y de que resulten mas difíciles las estimaciones comparativas aunque en menor grado que la convección y la radiación en el horno los constituyen las características ambientales del mismo. A fin de evitar variaciones demasiado grandes durante el ensayo en el espacio exterior del horno es necesario que sea importante el volumen de la construcción a menos que se ventile el ambiente para una distancia de mas de 250 mm del horno debe si es posible encontrarse en el intervalo de 25 ±15° C.

Asimismo en el ensayo de los elementos que incluyen materiales combustibles el contenido en oxigeno dentro del horno puede influir considerablemente en los resultados del ensayo. Debería ser suficiente para asegurar la combustión y estar comprendido entre 5% y 10%.

#### **A.4 PROGRAMA TERMICO Y CONDICIONES DE PRESION NORMALIZADAS**

##### **A.4.1 Programa térmico normalizado**

La curva de temperatura-tiempo del horno dada por la ecuación

$$T - T_0 = 345 \log_{10} (8t + 1)$$

constituye una simplificación de las condiciones reales del incendio.

En realidad, la relación temperatura-tiempo que representa la evolución de un fuego en un local cerrado, depende de varios factores, de los cuales los más importantes son:

a) Cantidad y tipos de materiales combustibles (carga de fuego);

- b) Distribución de la carga de fuego en el local;
- c) Porosidad y forma de las partículas que constituyen la carga de fuego;
- d) Aportación de aire suministrado al local por unidad de tiempo;
- e) Características geométricas del local;
- f) Características térmicas de las construcciones que rodean el local donde esta situado el hogar o que están contenidas en el.

Para una somera discusión de este problema y de la cuestión relativa a la relación entre la exposición a un incendio real y las condiciones de calentamiento en el ensayo de resistencia al fuego normalizado, ha de referirse a las citas bibliográficas.

A nivel internacional, los principios que rigen la necesidad de ensayos de resistencia al fuego, varían de un país a otros, y en consecuencia, la utilización de los resultados. Actualmente, en diferentes países, un sistema de clasificación y un proyecto técnico relativo a un elemento de construcción, teniendo en cuenta el fuego, se caracterizan por uno de los puntos siguientes:

- a) sólo se toma en consideración el período de calentamiento;
- b) Se toma en consideración el proceso completo de evolución teórica del incendio;
- c) el ensayo se limita al periodo de calentamiento, pero el efecto de la fase de refrigeración consecutiva, se introduce en el como prolongación del periodo de calefacción;
- d) el ensayo se restringe al periodo de calentamiento y la aptitud del elemento de ensayo para resistir a la fase de enfriamiento consecutiva, se estima tomando como base los resultados de un ensayo de carga residual del elemento al final del periodo de calentamiento.

Para tener en cuenta la diversidad de necesidades en lo que concierne a la clasificación, se pueden hacer las recomendaciones suplementarias siguientes para un ensayo de resistencia al fuego de los elementos de construcción.

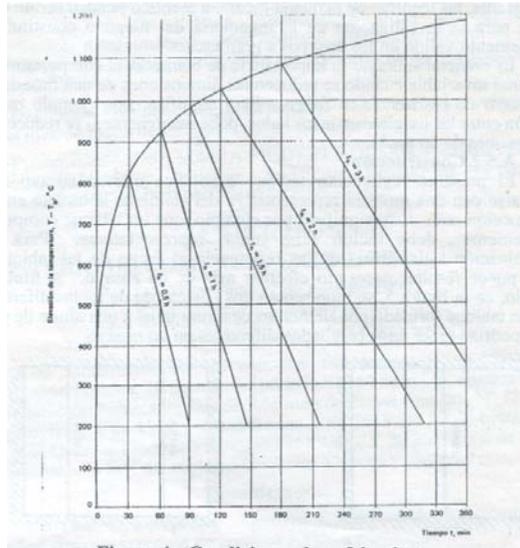
Cuando un elemento de construcción cumple ciertas funciones durante el periodo de calefacción y durante la fase de enfriamiento consecutiva, la carga del elemento de ensayo debería mantenerse constante durante esta última fase.

Si debe efectuarse tal ensayo la temperatura en el recinto del horno debe controlarse para realizar, durante la fase de refrigeración, una disminución, lineal conforme a las relaciones siguientes (véase la figura 4):

$$\begin{array}{ll} dT/dt = 625 \text{ }^\circ\text{C} / \text{h} & \text{para } t_h \leq 0,5 \text{ h} \\ dT/dt = 250 (3 - t_h) \text{ }^\circ\text{C} / \text{h} & \text{para } 0,5 \text{ h} < t_h < 2 \text{ h} \\ dT/dt = 250 \text{ }^\circ\text{C} / \text{h} & \text{para } t_h \geq 2 \text{ h} \end{array}$$

donde

- t es el tiempo expresado en horas
- $t_h$  es la duración del periodo de calefacción expresado en horas
- T es la temperatura del horno en el instante t, expresado en grados Celsius.



**Figura 4. Condiciones de enfriamiento**

Al final de la fase de refrigeración, la temperatura del horno debería haber descendido hasta una temperatura media que no sobrepase los 200°C. Durante la fase de refrigeración, el valor medio registrado, para la temperatura media del horno, no debe diferir en  $\pm 10\%$  del valor medio de la curva temperatura-tiempo

señalada y la temperatura media del horno no debe, en ningún momento, diferir en más de 100° C de la temperatura especificada.

## **A.5 PREPARACION DE LOS ELEMENTOS DE ENSAYO**

### **A.5.1 Dimensiones**

El presente reglamento técnico especifica que el elemento de ensayo debe ser si es posible de verdadero tamaño, y fija las dimensiones mínimas para distintos tipo de elementos de ensayo cuando el empleo con su verdadero tamaño no es posible. Las dimensiones de un elemento de ensayo deberían elegirse teniendo en cuenta las dimensiones normalizadas recomendadas por este reglamento técnico o indicadas en los reglamentos nacionales correspondientes.

De un modo general, es deseable la evolución en los laboratorios del fuego hacia el empleo de hornos mayores para efectuar los ensayos en toda su extensión, para todos los tipos de elementos de construcción relacionadas con el presente reglamento técnico. Las dimensiones mínimas determinadas para las vigas y pisos\*) Por ejemplo, pueden considerarse como una solución provisional y no completamente satisfactoria, que se hace necesaria por el estado actual de las instalaciones de ensayo, tan diferentes de un laboratorio a otro.

Podría ser necesario un aumento de las dimensiones mínimas de pisos de hasta 4 m x 4 m. Para las vigas, la luz es, con frecuencia mayor que las dimensiones mínimas especificadas en el presente reglamento técnico.

Para las vigas, que están solamente cargadas, las dificultades pueden superarse en numerosos casos, sin reducir las dimensiones de la muestra en su verdadera magnitud, instalando unos soportes en el exterior del horno y colocando solamente una parte limitada de la viga que comprenda las secciones críticas en el interior del horno. Para tal instalación, debe ser necesaria la colocación de un aislamiento complementario en la viga, en el exterior de la sección calentada, para evitar un efecto nocivo de los gradientes de temperatura en la dirección axial de la misma.

Otra solución para superar estas dificultades puede consistir en reducir la luz, combinando esta reducción con unas disposiciones tales como: aumento de la carga, disminución de la zona armada en una viga de hormigón, con el fin de que las tensiones máximas, cuyo efecto es decisivo para el hundimiento, sean las mismas que para el elemento de ensayo en su verdadera magnitud.

La firme recomendación de emplear los elementos de ensayo en su verdadera magnitud, ha sido dictada por las dificultades en reproducir con detalle un comportamiento al fuego funcionalmente correcto a pequeña escala para un elemento de construcción portador o de separación. En lo relativo a las

construcciones de hormigón armado normal o pretensado, la determinación de la resistencia al fuego por los ensayos a pequeña escala es complicada a causa de las influencias importantes, por ejemplo de las tensiones térmicas internas, de las contracciones de corta duración y las migraciones internas debidas al calentamiento y a la desintegración del material para ciertas condiciones térmicas. Para las construcciones de es madera el problema que plantea la determinación de la resistencia al fuego al por un ensayo a pequeña escala queda prácticamente sin solución. Para las construcciones de acero en comparación las posibilidades para efectuar unos ensayos a pequeña escala para una investigación sobre la resistencia al fuego son más favorables, en particular para la construcción de acero no protegido.

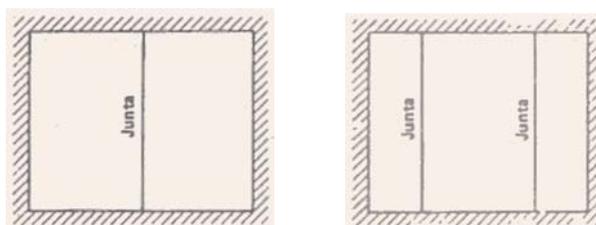
Los comentarios anteriores sobre los ensayos a pequeña escala, están relacionados con una clasificación de un elemento real de construcción basada en los resultados de un ensayo de resistencia al fuego. No obstante, las técnicas de pequeña escala, a menudo pueden ser un buen el medio para la investigación en la ingeniería del fuego o constituir un complemento valido en los ensayos a gran escala.

Es esencial subrayar la importancia de mantener el comportamiento funcional invariable cuando se reducen las dimensiones de una muestra en un ensayo de resistencia al fuego. Esto significa, por ejemplo que la a relación entre las longitudes de los lados, debe mantenerse si se reducen las dimensiones de un suelo.

### **A.5.2 Construcción**

El presente reglamento técnico especifica que el ensayo debe efectuarse con una muestra representativa del elemento completo en una construcción real. Esto significa, por ejemplo, que un tabique compuesto de elementos, debe incluir unas juntas representativas. Para una determinación satisfactoria de la resistencia al fuego de tal tabique, a veces puede resultar necesario efectuar más de un ensayo. A título de ejemplo, en la figura 5, se representan dos posiciones de juntas diferentes para un tabique formado por elementos de altura igual a una altura de piso.

Estos podrían tener unos resultados diferentes en un ensayo



**Figura 5 -Disposiciones diferentes de las juntas de tabique**

### **A.5.3. Acondicionamiento**

Excepto en las construcciones que están continuamente sometidas al aire acondicionado o a la calefacción central, los elementos de construcción están expuestos a una atmósfera que tienden más o menos a seguir el ciclo de las condiciones de temperatura y/o de la humedad de la atmósfera libre. La naturaleza de los materiales que constituyen el elemento y sus dimensiones determinan en que proporción varía el índice de humedad de un elemento con relación a un índice medio.

Los elementos deben almacenarse, si es posible, en una atmósfera mantenida, a  $25 \pm 15^\circ \text{C}$ , medidos en el termómetro seco y a una humedad , relativa del 40 al 65%.

Deberían efectuarse unas medidas regulares, para las propiedades que están directamente relacionadas con el contenido en agua. Estas medidas de la masa total de la conductividad eléctrica o de algunas otras propiedades, tales como la humedad relativa de una atmósfera en equilibrio estático, con el interior de la muestra, deben trazarse con la indicación de los momentos en los que se hacen estas, con el fin de establecer, una curva de secado para el elemento. Esta curva indica cuando el elemento, de ensayo ha llegado al equilibrio dinámico con la atmósfera. La resistencia al fuego de un elemento de construcción dado, puede variar considerablemente según el contenido inicial de agua. Sería deseable pues, determinar la humedad de un elemento de ensayo acondicionado, antes de proceder al ensayo de resistencia al fuego.

Para los tabiques sin juntas, conforme a, la resistencia al fuego puede corregirse del modo que se indica a continuación en lo relativo al contenido en agua inicial, con la condición de que no haya desintegración o descomposición del material.

Si la resistencia al fuego de un elemento de ensayo, es conocida para un índice de humedad dado, la resistencia al fuego a otros porcentajes de humedad, podrá calcularse aplicando la ecuación siguiente:

$$T_d^2 + T_d (4+4b \phi - T_\phi) - 4T_\phi = 0$$

donde

- $\phi$  es la humedad relativa
- $T_\phi$  es la resistencia al fuego para una humedad relativa en horas
- $T_d$  es la resistencia al fuego después del secado en la estufa, en horas
- $b$  es un factor que varía según la permeabilidad

Para los ladrillos, los hormigones densos y los hormigones proyectados, se puede dar a  $b$ , el valor 5,5, para los hormigones ligeros, el valor 8,0 y para los hormigones celulares, el valor 10,0.

## **A.6 PROCEDIMIENTO**

### **A.6.1 Condiciones de ensayo**

#### **SUJECION (6.1.1.1 y 6.1.1.2)**

Se sabe, a partir de los resultados de ensayo, que las variaciones de las condiciones de sujeción, pueden tener una influencia considerable, en el tiempo de resistencia al fuego, de una estructura o de un elemento de estructura. En principio, el efecto de las sujeciones aumenta la resistencia al fuego, pero la sujeción puede, a veces, tener un efecto nocivo en el comportamiento del elemento sometido a un ensayo de resistencia al fuego. Una sujeción por compresión puede acelerar un fallo por inestabilidad al fuego. Una compresión puede igualmente provocar antes el desmoronamiento de la estructura de hormigón. Para una losa, o baldosa de hormigón armado, estáticamente y determinada, sometida a la acción del fuego sobre una sola cara, una presión diferencial, puede ocasionar una formación importante de fisuras, en las partes no armadas o débilmente armadas, y como consecuencia de estas fisuras, una ruptura de la estructura por efecto de cizallamiento.

De lo anterior, se concluye que los resultados de ensayo de resistencia al fuego, efectuados en las condiciones de sujeción indeterminadas, son muy difíciles y a veces imposibles de utilizar, para la concepción de estructuras resistentes al fuego.

### **a) Pilares y muros**

Los ensayos de comportamiento al fuego de los pilares o columnas, y de los muros portadores, efectuados en los laboratorios dan una idea con relación a las cargas aplicadas en un incendio real. Todavía no es posible, por ejemplo, reproducir en un ensayo las modificaciones de los momentos que en las extremidades, se producen en un incendio real, no obstante, el ensayo debe corresponder, lo más posible a la realidad, pero debe también conducir, a unos resultados claros y reproducibles.

La carga admisible de las columnas y muros, depende de las condiciones de apoyo. Para los elementos delgados de este tipo que están montados sobre bisagras o goznes, incluso de las fuerzas pequeñas debidas a la fricción, en el interior de los apoyos, pueden aumentar considerablemente la capacidad portadora. Así mismo, en un ensayo de resistencia al fuego, una sujeción no intencionada, en las extremidades del elemento ensayado, puede aumentar la resistencia al fuego. Un rodamiento libre, puede obtenerse por lo general fácilmente utilizando en las extremidades unos apoyos esféricos o cilíndricos.

Si se conoce bien como se efectúan en la práctica las condiciones de carga y de apoyo, deben aplicarse unas condiciones de apoyo similares para el ensayo, y la carga admisible debe obtenerse teniendo en cuenta estas condiciones de apoyo, basándose en el reglamento técnico de diseño adecuado. Esto significa que si es necesario, se podrá aplicar incluso una carga excéntrica.

Sin embargo, si no existe una indicación clara sobre la manera en la que las columnas o los muros son cargados en la práctica, el ensayo al fuego sobre las columnas debe efectuarse ya sea con las extremidades apoyadas sobre soportes libres o con las extremidades completamente sujetas y la carga admisible (aplicada en el centro) dependerá, en consecuencia, del valor del pandeo correspondiente.

En la práctica, no se utilizan generalmente los muros, cuyos lados bajo cargas son colocados en soportes libres. Por razones experimentales, se recomienda sujetar completamente la parte de abajo y la parte de arriba del muro. Las caras verticales de los muros, no deben tener impedimento para su deformación, salvo si en la realidad sucede así.

### **b) Vigas**

En los ensayos de resistencia al fuego de las vigas, <sup>4</sup> se efectúan habitualmente en unas condiciones de apoyo tales que ninguna fuerza axial sea impuesta durante el ensayo.

Sin embargo, en la practica se coloca una viga a menudo en una estructura de tal manera que se produzca una tensión considerable por expansión longitudinal. En estas circunstancias, el calentamiento durante el ensayo de resistencia al fuego, crea una fuerza de comprensión axial en la viga. En la mayoría de los casos, esta fuerza se aplica en un lugar de la sección de la viga donde el momento de flexión tiende a neutralizar el momento de flexión debido a la carga aplicada, lo que produce un aumento de la capacidad portante y de la resistencia al fuego, a menos que el riesgo de un fallo debido a la inestabilidad o al desmoronamiento no tenga influencia mas fuerte que el efecto favorable del momento flector. La realización de una sujeción parcial, exactamente especificada en lo relacionado con la dilatación longitudinal de una viga exige normalmente, unas instalaciones de ensayo al fuego muy elaboradas. El método presentado en la norma ASTM 464 esta orientado a la apreciación del esfuerzo máximo que puede producirse en el ensayo de resistencia al fuego de una viga de hormigón de un techo o suelo. Este método puede aplicarse a los elementos de ensayo sujetos longitudinal y lateralmente, así como a los que sólo están sujetos en una dirección.

En la mayoría de los ensayos de resistencia al fuego y el fallo de las vigas se debe a los esfuerzos de flexión, sin embargo, en razón de que en casos individuales puede tenerse un fallo prematuro por causa de cizallamiento, un pandeo lateral o un pandeo por cizallamiento, hay que procurar que ni el equipo de ensayo, ni el dispositivo de carga no establezcan el elemento de ensayo mas de lo que se tiene en la práctica. El tipo de fallo, debe anotarse en el informe correspondiente.

#### **CARGA** (6.1.1.3 y 6.1.1.4)

Se dan las recomendaciones suplementarias siguientes:

---

<sup>4</sup> Incluye viga maestra.

**a) Nivel de carga**

Se recomienda que la carga de ensayo este, si es posible, en relación con la carga final del elemento de ensayo antes del calentamiento.

**b) Método de carga**

En un ensayo de resistencia al fuego, una carga uniformemente distribuida, puede simularse por varias cargas puntuales iguales. Cada carga puntual, no debe sobrepasar el 25% de la carga total para las vigas y un valor que corresponde a una superficie máxima de 1,3 m<sup>2</sup> para los suelos, ( esto es válido a menos que se pueda probar que es preferible otra distribución de las cargas desde el punto de vista estructural). Para evitar concentraciones locales elevadas de tensión en los suelos, la superficie de distribución de cada carga puntual, debe tener uno de los lados cuya dimensión no sea inferior al espesor del suelo.

**c) Capacidad portante residual**

Si se requiere, se puede determinar la capacidad portante residual de un elemento sometido al ensayo, cargándolo hasta su hundimiento después de acabar el ensayo de resistencia al fuego. Cualquiera de los dos procedimientos siguientes, puede aplicarse. Uno de ellos, consiste en determinar la capacidad portante residual al final del periodo de calentamiento con el fin de obtener las indicaciones sobre la aptitud del elemento a resistir en el periodo de enfriamiento que sigue, soportando la influencia de la carga de ensayo. El otro consiste en determinar la capacidad portante residual, cargando el elemento hasta el fallo después del enfriamiento conforme a las especificaciones que figuran en el anexo A.4.1.

Otro método consiste en sustituir la determinación de la capacidad portante residual por un ensayo de carga que da la resistencia residual a la flexión de elemento ensayado al fuego.

La fuerza residual o la rigidez de una estructura o de un elemento de estructura, es muy importante para la seguridad de las personas que deben trabajar en la demolición o en la reparación de una estructura después de un incendio. Informaciones sobre esas propiedades son igualmente útiles para decidir la acción a emprender después de un incendio. En construcciones que comprendan numerosos pisos, la evacuación completa de las personas a causa de un incendio limitado a un sector del edificio, puede ser difícil en la practica, o incluso inútil. En casos parecidos, puede ser necesario para los ocupantes permanecer seguros en otras partes del edificio, en alturas superiores o inferiores a la afectada por el fuego. Pero si las estructuras que soportan la carga, de este sector sometido al fuego, se debilitan hasta el punto de derrumbarse al final del periodo de

calentamiento, podría poner en peligro el conjunto de la edificación y a los ocupantes que no han sido evacuados.

### **Elementos que no soportan cargas (6.1.1.5)**

En la práctica, puede ocurrir que elementos que no soportan cargas estén sometidos a cargas relativamente importantes, por ejemplo a causa de la fluencia o de una contracción de la estructura portante. A esta carga inicial, pueden añadirse durante el incendio otras cargas considerables. El estado actual de los conocimientos es desgraciadamente muy limitado para permitir estimar con suficiente precisión esos dos tipos de carga y establecer las especificaciones que correspondan a las condiciones de carga de un ensayo de resistencia al fuego de estos elementos.

Sin embargo, es importante tener presente ese fenómeno cuando se utilicen resultados de un ensayo de resistencia al fuego de estos elementos que no soportan carga.

### **Exposición al fuego (6.1.2)**

En un ensayo de resistencia al fuego, los elementos a ensayar deben exponerse al fuego en el horno, en las mismas condiciones que tendrían en la práctica.

Esto significa que, generalmente, las columnas son expuestas al fuego en sus cuatro caras (las excepciones deben anotarse en el informe de ensayo, mientras que los muros solo son expuestos al fuego en una sola cara. Para las vigas, esto significa una exposición al fuego, bien sobre tres caras únicamente (no sobre la parte superior de la viga), o bien sobre todas las caras. Las zonas de apoyo deben protegerse contra el fuego en el mismo grado que lo previsto en la práctica.

## **A.6.2 Observaciones durante el ensayo**

### **A.6.2.1 Capacidad portante y deformaciones**

El registro completo de las deformaciones durante un ensayo de resistencia al fuego, puede facilitar la aplicación de los resultados del mismo para un diseño de estructura, teniendo en cuenta el fuego, utilizando el elemento ensayado como componente. Las deformaciones pueden ejercer un efecto desfavorable sobre la protección suministrada por una estructura portante. Para predecir un derrumbamiento de las vigas y de los Entrepisos estáticamente determinados en un

ensayo de resistencia al fuego, pueden aplicarse los criterios de deflexión máxima o de porcentaje máximo de deflexión.

### **A.6.2.3 Estanquidad**

En lo que respecta al concepto del fallo inicial y final de la estanquidad, ver comentario del numeral A. 1 del presente anexo.

### **A.6.2.4 Observaciones complementarias**

Durante todo el ensayo, se anotaran todas las observaciones relativas a las modificaciones e incidentes que podrían originar riesgos en un inmueble, comprendiendo en ellos, por ejemplo, la emisión de humos o de vapores nocivos por la cara no expuesta de un elemento de separación.

**Artículo 2°**—Será la Oficina Nacional de Normas y Unidades de Medida la encargada de la actualización permanente de este reglamento técnico, procediendo en su caso a la modificación del presente Decreto.

**Artículo 3°**—Toda persona que haciendo uso de este reglamento técnico encuentre errores tipográficos, ortográficos, inexactitudes o ambigüedades, podrá notificarlo sin demora a la Oficina Nacional de Normas y Unidades de Medida, aportando si fuese posible, la información correspondiente para que esa Oficina efectúe las investigaciones pertinentes y tome las previsiones correspondientes.

**Artículo 4°**—Será el Benemérito Cuerpo de Bomberos del Instituto Nacional de Seguros, en coordinación con el Ministerio de Economía Industria y Comercio el encargado de velar por el cumplimiento del presente reglamento técnico.

**Artículo 5°**—Serán sancionados de acuerdo con las leyes penales quienes incumplan con lo dispuesto en el presente reglamento técnico.

**Artículo 6°**—Se deroga cualesquiera otras disposiciones administrativas o reglamentos que se opongan al presente decreto.

**Artículo 7°**—Rige a partir de un mes después de su publicación en el Diario Oficial.

Dado en la Presidencia de la República.—San José, a los veintisiete días del mes de mayo de mil novecientos noventa y siete.

Publíquese.—JOSÉ MARÍA FIGUERES OLSEN.-El Ministro de Economía, Industria y Comercio, José León Desanti M.

***Publicado en la Gaceta N° 150 del 6 de agosto de 1997.***