



JOSÉ MIGUEL LACOSTA BERNA
Experto Superior en Seguridad
Colaborador del Centro Español de
Plásticos (CEP).

Seguridad contra incendios de los productos de la construcción. La reacción al fuego en la Europa Comunitaria ¿la solución futura?

SUMARIO

Ante la proximidad del Mercado Único Interior, y de acuerdo con la Directiva 89/106/CEE de los productos de la construcción, el Comité Europeo de Normalización, que agrupa a los 18 países de la CEE y de la EFTA, creó el CEN/TC 127 Fire Safety in Buildings para armonizar los ensayos en materia de resistencia y de reacción al fuego.

En lo referente a la reacción al fuego, los países nórdicos ha propuesto adoptar una nueva clasificación unificada basada en ensayos a gran escala. Esa clasificación se fundamenta en un sistema de ensayos ISO, uno a gran escala, el ISO 9705 Full Scale Room Test for Surface Products, complementado con otro que trabaja con probetas pequeñas, el ISO 5680 Rate of Heat Release from Building Products.

Palabras clave: Incendios, productos de la construcción, reacción al fuego.

INTRODUCCIÓN

Cuando se intenta valorar la reacción al fuego de los materiales de construcción, debe partirse de una comprensión fundamental de los fe-

nómenos que se producen en los incendios reales. La identificación de los riesgos, así como el establecimiento de lo que es aceptable o no, está en el mismo fundamento de la seguridad contra incendios. De manera

que, por definición, la mejor estimación posible de las características del comportamiento de un material en caso de incendio debe obtenerse por medio de un ensayo de fuego a gran escala. Sin embargo, debido a sus altos costos y dificultades prácticas, también es aconsejable realizar la mayoría de las evaluaciones mediante ensayos a pequeña escala o sobre probeta.

Diversos ensayos de comportamiento al fuego y exigencias legislativas han sido desarrolladas por diferentes países. Estos ensayos **generalmente obligatorios** presentan en muchos casos notables diferencias los unos con los otros. Pero todas esas discrepancias resultan tener una base pequeña a partir de diferencias de costumbres, cultura, clima o geografía. Los incendios en edificios no tienen, por lo general, verdaderos rasgos o características nacionales; las mayores diferencias se producen a

causa de las diferentes opiniones, o de las distintas experiencias, de los Comités encargados de desarrollar los ensayos y las regulaciones legales. Estas mismas diferencias son, a menudo, el resultado de la experiencia de los mayores incendios producidos en los respectivos países. Las diferencias entre los métodos de ensayo son barreras técnicas al comercio, y deben realizarse grandes esfuerzos para que desaparezcan.

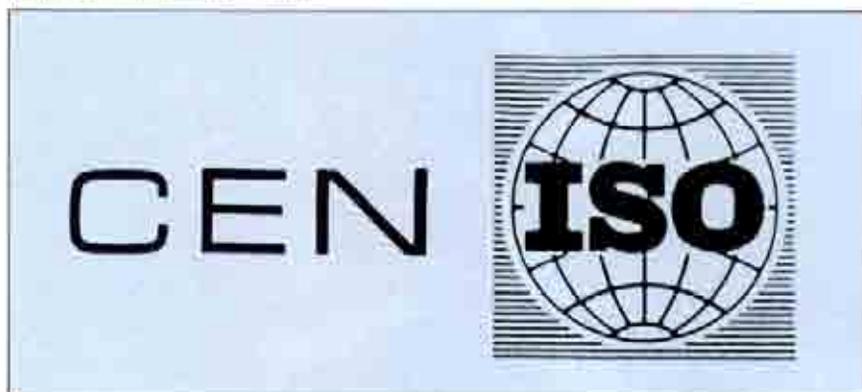
LA HISTORIA RECIENTE

Ante la proximidad del Mercado Único Interior, y de acuerdo con los Requisitos Esenciales expresados en la Directiva Europea 89/106/CEE de Productos de la Construcción (1), el Comité Europeo de Normalización (CEN), que agrupa a los 18 países de la CEE y de la EFTA, constituyó un Comité Técnico, el CEN/TC 127 **Seguridad contra Incendios en la Construcción**, que, al empezar sus trabajos en el verano de 1988, hizo gran hincapié sobre los ensayos de reacción al fuego.

Diversos métodos de ensayo nacionales e internacionales fueron propuestos por un grupo de expertos, reunidos bajo el patrocinio de la Comisión de las Comunidades Europeas (CCE). Si bien el grupo de expertos, de acuerdo con la CCE, debía partir, en todo lo posible, de los trabajos de ISO, para revestimientos de muros y techos se propusieron al CEN diversos métodos nacionales (2): el ensayo del epirradiador, según AFNOR NF P 92-507, el *Brandschacht*, de acuerdo con DIN 4102, Partes 15 y 16, y el *Surface Spread of Flame*, basado en BS 476, Parte 7 —ver MAPFRE SEGURIDAD, n.º 40—. La idea era que cada uno de esos ensayos, aunque incompleto por sí solo, proporcionara una medida de algunas de las características predominantes del incendio. Presunción que, sin embargo, no ha sido completamente probada. De manera que la propuesta resulta ser más bien un método caro y complicado para clasificar productos, y privado de cualquier beneficio del moderno conocimiento de la física del fuego, ya que los resultados obtenidos tienen un valor muy limitado como base para las predicciones del comportamiento esperado a gran escala.

Auspiciada por los países nórdicos, miembros del CEN por ser países pertenecientes a la EFTA (en la actualidad, únicamente Dinamarca es miembro de la CEE), se presentaba otra alternativa para clasificar la reacción

FIGURA 1. Una de las resoluciones iniciales del CEN/TC 127 era desarrollar normas para evaluar el comportamiento al fuego de los productos de construcción, a partir de los trabajos de ISO que estuvieran disponibles. En la figura pueden verse los logotipos registrados de ISO y de CEN.



al fuego de los materiales de construcción, basada en los ensayos a gran escala. Desarrollando ese punto de vista, el sistema de ensayos y clasificación propuesto estaría fundamentado en el *Room-Corner Test*, complementado con el *Cone Calorimeter*.

El primero de ellos representa un importante escenario, una papelería o un mueble quemándose en un rincón de una habitación. El *Room-Corner Test* puede, por consiguiente, representar un incendio real y servir de referencia para métodos de ensayo a pequeña escala. A su vez, la validez de los métodos a pequeña escala pueden comprobarse utilizándolos para predecir el comportamiento ante el fuego de los productos en el *Room-Corner Test*. Por el contrario, los métodos que no pueden ser empleados para predecir el ahora bien definido *Room-Corner Test*, ¿podrían utilizarse para predecir cualquier otro escenario relevante?

Por definición, la mejor estimación posible de las características del comportamiento de un material en caso de incendio debe obtenerse por medio de ensayos a gran escala.

El *Room-Corner Test* es también necesario para productos que no pueden ser ensayados a pequeña escala; por ejemplo, materiales que funden, materiales compuestos o productos con juntas que son decisivas para su comportamiento al fuego.

De manera que tanto los métodos a gran como a pequeña escala son necesarios para tener una clasificación consistente de los diversos tipos de materiales. Como se indica en el diagrama de la figura 2 (3), los ensayos a pequeña escala, efectuados en el *Cone Calorimeter*, serán utilizados cuando sea posible. Los resultados serán entonces trasladados al comportamiento esperado a escala real, de acuerdo con el *Room-Corner Test*, en base al cual se ha realizado la clasificación.

Esos dos métodos de ensayo fundamentales han sido preparados por el ISO/TC 92/SC 1 con los títulos siguientes.

— ISO 9705. *Fire Tests. Full scale room test for surface products.*

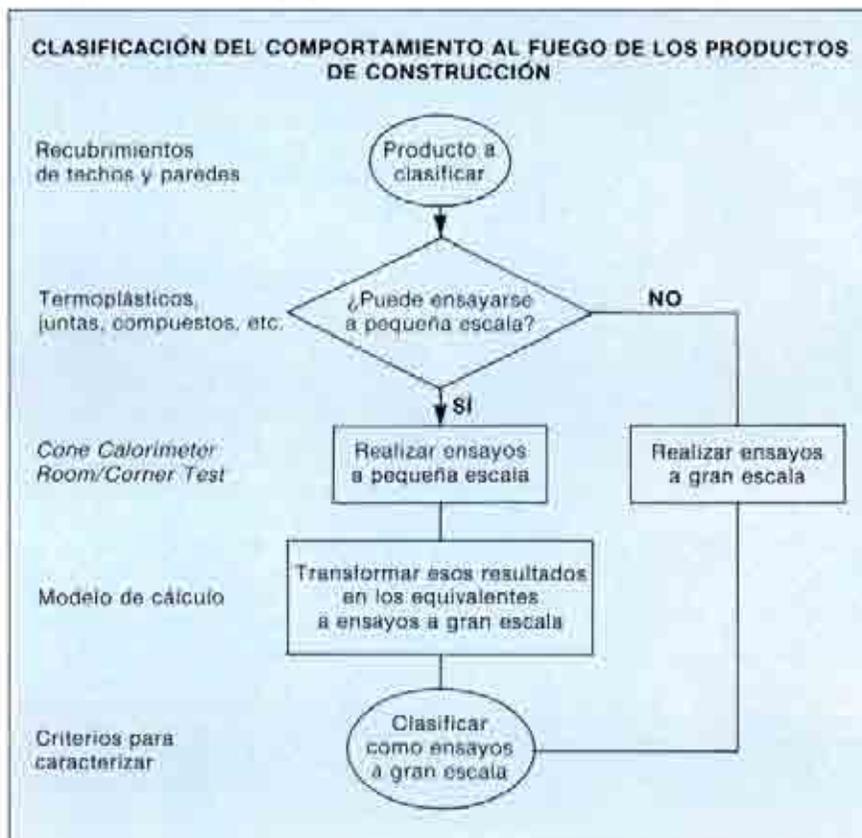
— ISO 5660. *Fire Tests. Reaction to fire. Rate of heat release from building products.*

EL ROOM-CORNER TEST (ISO 9705)

Este método de ensayo simula un incendio producido en las siguientes condiciones: se inicia en un rincón de una habitación pequeña, con una puerta abierta y buena ventilación. Trata de evaluar la contribución de los productos superficiales al desarrollo del fuego, empleando una fuente de ignición especificada.

Aquí la expresión **producto superficial** se refiere a cualquier parte de una construcción que constituya una

FIGURA 2. Principio de un esquema de ensayos y clasificación, empleando el *Cone Calorimeter* y el *Room-Corner Test*. Los ensayos a gran escala sólo se realizan cuando no es posible realizarlos a pequeña escala. Tomado de Wickström, Ulf, 1990.



superficie expuesta de las paredes interiores o del techo, tales como paneles, láminas, placas, telas, papeles pintados y pinturas.

El método está especialmente recomendado para productos que, por las razones que sean, no pueden ser probados mediante ensayos a escala de laboratorio, por ejemplo, materiales termoplásticos, efectos de un sustrato aislante, juntas, superficies con grandes irregularidades.

Un ensayo, de acuerdo con este método, suministra valores correspondientes a las etapas tempranas de un incendio, desde el encendido hasta el *flash-over*. Las características que se valoran son las siguientes:

- El riesgo de propagación del incendio a otros objetos en el interior de la habitación, mediante la determinación del flujo total de calor que incide sobre un aparato de medida situado en el centro de la habitación.

- El riesgo de propagación del incendio a otros objetos en el exterior de la habitación, mediante la determinación de la velocidad total de desprendimiento de calor por el fuego.

Los incendios en edificios no tienen, por lo general, verdaderos rasgos o características nacionales; las mayores diferencias se producen a causa de las diferentes opiniones, o de las distintas experiencias, de los Comités encargados de desarrollar los ensayos y las regulaciones legales. Estas mismas diferencias son, a menudo, el resultado de la experiencia de los mayores incendios producidos en los respectivos países.

- El riesgo tóxico, midiendo determinados gases tóxicos.

- El riesgo de la reducción de visibilidad, por la medida del oscurecimiento de la luz por el humo.

El recinto de ensayos

Se trata de una habitación construida de material no combustible y formada por cuatro paredes con rincones en ángulo recto, suelo y techo. Tiene las siguientes dimensiones interiores:

- largo: $3,6 \pm 0,05$ m,
- ancho: $2,4 \pm 0,05$ m,
- alto: $2,4 \pm 0,05$ m,

lo que nos da un volumen aproximado de 20 m^3 (figura 3). Sólo hay una abertura, que representa una puerta abierta, en el centro de una de las caras de $2,4 \times 2,4$ m, de medidas:

- alto: $2 \pm 0,01$ m,
- ancho: $0,8 \pm 0,01$ m,

La fuente de encendido

La fuente de encendido más común (hay varias alternativas previstas) es un mechero de gas propano de superficie cuadrada de 170×170 mm. Se coloca en el suelo en uno de los rincones opuestos a la pared en la que está el hueco. El material que se ensaya debe estar en contacto con las paredes que forman el rincón del quemador.

La calibración del quemador se realiza de acuerdo con un programa térmico que asciende de 0 a 300 kW de potencia calorífica, y desciende otra vez a 0 en un tiempo total de 20 minutos de duración.

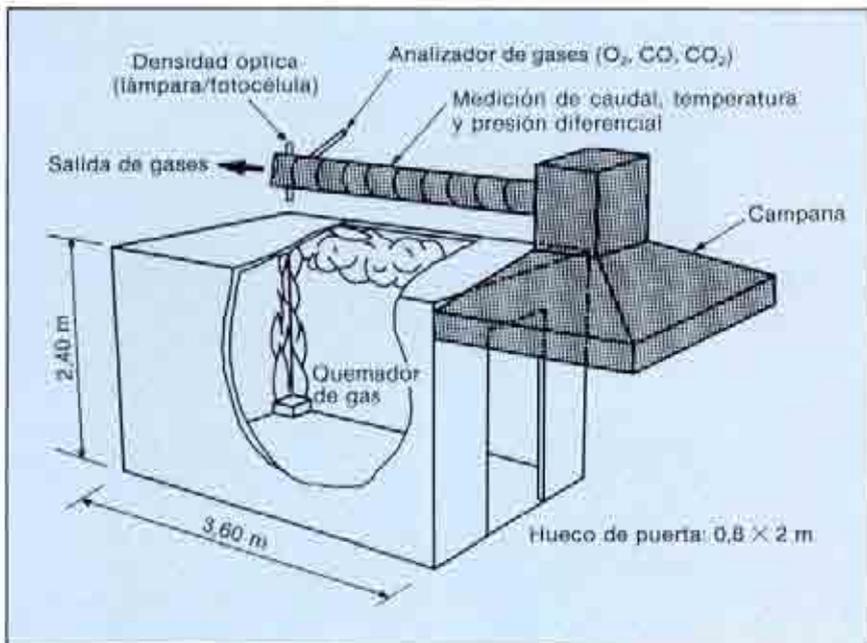
Procedimiento

Se comprueban la temperatura y la velocidad del aire en el interior de la habitación. Se coloca el quemador en su rincón y el material a ensayar encima de él, en contacto con las paredes que forman el rincón. El ensayo comienza al encender el quemador, tiene una duración de veinte minutos, o menos, si se produce antes el *flash-over*.

Durante el ensayo se anotan:

- El tiempo hasta que se enciende el techo.
- La propagación de la llama por las superficies de las paredes y del techo.
- El cambio en la salida de calor del quemador.

FIGURA 3. El *Room-Corner Test*, de acuerdo con ISO 9705, proporciona un escenario bien definido de ensayos a gran escala para evaluación de los materiales de recubrimiento superficiales.



- Las llamas que salen por la abertura.
- El comportamiento general del material ensayado.

Información obtenida

Los resultados que se registran son:

1. Tiempo vs. flujo de calor incidente a una distancia de un metro hacia el centro de la habitación.
2. Tiempo vs. volumen de gases que sale por el conducto.
3. Tiempo vs. velocidad de desprendimiento de calor.
4. Tiempo vs. producción de CO a la temperatura y presión de referencia.
5. Tiempo vs. producción de CO₂ a la temperatura y presión de referencia.
6. Tiempo vs. oscurecimiento de la luz (producción de humo) por el conducto.
7. Descripción del desarrollo del fuego.
8. Resultados de la calibración del aparato.

LA VELOCIDAD DE DESPRENDIMIENTO DE CALOR

La **velocidad de desprendimiento de calor**, definida en UNE 23-026 como «la cantidad de calor emitida por un material en estado de combustión en la unidad de tiempo», es proba-

blemente el parámetro individual más importante del riesgo de incendio. Si bien hasta hace muy poco ese valor sólo podía medirse en los incendios por métodos caloríficos directos o indirectos, la aplicación del principio de **consumo de oxígeno** ha permitido, actualmente, que una nueva generación de aparatos de medida de la velocidad de desprendimiento de calor haya sido desarrollada para utilizarse en ensayo de comportamiento al fuego. Estos aparatos incluyen el

*La **velocidad de desprendimiento de calor** se define como «la cantidad de calor emitida por un material en estado de combustión en la unidad de tiempo».*

Furniture Calorimeter, para ensayos a gran escala, y el *Cone Calorimeter*, para ensayos de clasificación. La disponibilidad de técnicas mejoradas en ambas escalas han permitido predecir correlaciones para desarrollar técnicas de clasificación que permiten no sólo la clasificación de las probetas, sino también se emplean para predecir valores actuales a escala natural.

Desarrollo histórico

El *Cone Calorimeter* fue desarrollado con algunas limitaciones que fueron advertidas muy pronto, de manera que en desarrollos posteriores del aparato se agregaron elementos para medir el oscurecimiento por el humo, la formación de hollín y la concentración de diversos gases de la combustión. El aparato puede emplearse para determinar los valores de facilidad de encendido y de calor de combustión. Así se ha demostrado que es una herramienta versátil, capaz de suministrar medidas de alta calidad de la mayoría de las necesarias propiedades de comportamiento al fuego de los materiales. Sólo los parámetros de propagación de la llama no son determinables directamente en el aparato, sin embargo, se están realizando progresos en trabajos para obtener, incluso, esos datos indirectamente.

La medida de la velocidad de desprendimiento de calor ha sido investigada desde finales de la década de los cincuenta. Hasta hace pocos años, las técnicas disponibles para este tipo de medida eran tres:

a) *Medida directa de la entalpía sensible de los productos de la combustión*

Un ejemplo correcto de este tipo de diseño podría calificarse como **ADIABÁTICO** —ya que en él no deberían producirse pérdidas de calor—, de manera que todo el calor de combustión desprendido podría medirse en los aparatos de medida. Sin embargo, los calorímetros adiabáticos que han sido construidos se utilizan en aplicaciones, no contemplándose en ningún caso ensayos de inflamabilidad. Por el contrario, los instrumentos de este tipo que sí se utilizan han sido diseñados con una modesta cantidad de aislamiento, y emplean un termopar sencillo para medir la corriente de gases de las combustiones. El ejemplo más destacado de este tipo de diseño es el calorímetro OSU.

b) Método de sustitución

En esta técnica se hacen dos ensayos para cada determinación. En el primer ensayo se quema una probeta y se registra la temperatura alcanzada. En la segunda prueba se regula la alimentación a un quemador de gas para reproducir la misma temperatura. El consumo de gas que corresponde a la temperatura alcanzada en la combustión de la probeta se toma como el equivalente a la velocidad de desprendimiento de calor de la probeta.

c) Método isotérmico

Esta técnica es una mejora del método anterior. Se realiza de manera que no se necesitan dos ensayos separados, ya que el diseño incluye un «quemador de sustitución» colocado más abajo que la probeta.

En este procedimiento, cuando se inicia el ensayo, se enciende el quemador con gran llama. Cuando la probeta se enciende y arde, los temporales, que registran la temperatura, están conectados también a un sistema de control, cuya emisión es mantener una temperatura estable. Esto lo realizan reduciendo el gas que fluye al mechero y derivándolo hacia él de sustitución. Se produce así una operación isotérmica, y la velocidad de desprendimiento de calor de la probeta corresponde a la disminución de la cantidad de gas del quemador.

Janssens y Minne (4) han realizado una discusión exhaustiva de todos los instrumentos conocidos por ellos. Los métodos históricos presentaban cada uno serias desventajas. El método de sustitución era incómodo, debido a la necesidad de hacer dos ensayos para cada determinación. Más importante era que su tiempo de respuesta correcto sólo podía obtenerse para aquellos materiales ideales en los que la velocidad de desprendimiento de calor no variaba significativamente con el tiempo.

El método isotérmico elimina la necesidad del doble ensayo, sin embargo, el aparato actual es muy complejo y fácilmente influenciado por las condiciones ambientales. El aparato no era apropiado para empleo comercial en laboratorios, si bien los datos obtenidos eran de gran calidad.

La calorimetría por consumo de oxígeno

Se conoce, desde hace tiempo, que existe una relación empírica entre la cantidad de calor producida por una combustión y el oxígeno del aire (at-

Auspiciada por los países nórdicos se presentó en el CEN una alternativa para clasificar la reacción al fuego de los productos de la construcción, basada en ensayos a gran escala. Desarrollando ese punto de vista, el sistema se basaría en los ensayos ISO del Room-Corner Test, complementado con el Cone Calorimeter.

mósfera) consumido. Sin embargo, este hecho no había sido puesto en práctica hasta hace unos pocos años, en los que Hugget (5) presentó un estudio detallado de tal relación; encontrando que para la mayoría de los materiales combustibles —lo que incluye polímeros, líquidos orgánicos y materiales combustibles— un desprendimiento de calor con un valor de 13,1 MJ por kg de oxígeno consumido era la conclusión final. Las desviaciones de este valor medio es-

Ante la proximidad del Mercado Único Interior, el Comité Europeo de Normalización constituyó un Comité, el CEN/TC 127 Seguridad contra Incendios en la Construcción, que, al empezar sus trabajos en 1988, hizo gran hincapié sobre los ensayos de reacción al fuego.

taban típicamente en la zona del $\pm 5\%$. (Conviene aclarar que esa constante no debe confundirse con el potencial calorífico, definida como: el calor desprendido por kg de combustible consumido.)

Hugget también advirtió que el material no necesita pasar completamente a CO_2 para que se mantenga la relación anterior. Las típicas reacciones que producen parte de los productos de la combustión como CO , o como hollín, no afectan significativamente a la precisión de los resultados. La constante 13,1 MJ/kg O_2 se mantiene centrada para todos los hidrocarburos (materiales con C y H), salvo con muy pocas excepciones. Estas excepciones son conocidas, por ejemplo, el valor para el acetileno es de 15,7.

Para combustibles que tienen fracciones significativas de O, N, Cl, Br o S, la relación puede ser menos exacta. Los valores de esta constante están tabulados para muchos materiales, y es significativo que aquellos que necesitan una constante diferente, no normalizada, suelen ser distintos de los elementos sólidos combustibles típicamente empleados en la construcción. En concreto, para los plásticos de ingeniería, Hugget encontró que sólo el POM, que es un plástico altamente oxigenado (6), tenía un valor de 14,5, que era relativamente diferente de la media. Los restantes plásticos estaban entre 12,51 y 13,70, que es un valor razonablemente ajustado.

El fundamento básico del principio del consumo de oxígeno es simple. Por cada julio de calor de combustión producido es necesario un número determinado de moléculas de oxígeno procedentes del aire presente en la combustión. Este dato deja ver inmediatamente que los resultados del método no varían cuando se cambia la proporción de los gases, o si se introduce una corriente adicional para diluirla. Las ecuaciones de consumo de oxígeno resultantes no son necesariamente sencillas, pero son el punto de partida para la realización de los aparatos basados en ese tipo de calorimetría.

El Cone Calorimeter (ISO 5660)

El desarrollo de este aparato se atribuye a Vytenis Babrauskas, del Center for Fire Research del US NIST (National Institute of Standards and Technology, anteriormente NBS) (7). El método permite evaluar la velocidad de desprendimiento de calor de los materiales, productos y compues-

tos expuestos a unos niveles controlados de radiación térmica, con o sin encendido externo, y se determina midiendo el consumo de oxígeno. En este ensayo se mide igualmente el tiempo necesario para el encendido (inflamación sostenida).

El método se funda en lo expuesto anteriormente, el poder calorífico de la combustión es proporcional a la cantidad de oxígeno necesaria para la misma, siendo generalmente esa relación de 13,1 kJ de calor desprendido por kg de oxígeno consumido. Las probetas utilizadas en los ensayos se queman en condiciones atmosféricas ambientales cuando son sometidas a la acción de una radiación térmica exterior predeterminada, entre 0 y 100 kW/m²; midiéndose constantemente la concentración de oxígeno y los caudales de gases desprendidos. El método de ensayo valora la contribución del producto ensayado a la evolución de la velocidad de desprendimiento de calor cuando está implicado en un incendio.

Composición del equipo

El aparato de ensayo (figuras 4 y 5) comprende básicamente:

- un radiador eléctrico en forma de cono truncado, que puede orientarse vertical u horizontalmente;
- soportes para las probetas, diferentes para las dos orientaciones;
- un sistema de evacuación de los gases con control de oxígeno e instrumentos de medida del caudal;
- una bujía para el encendido eléctrico;
- un sistema de recogida y de análisis de los datos, y
- una célula de carga para medir la pérdida de peso de la probeta.

La fuente de encendido

La fuente de encendido es un radiador en forma de tronco de cono, de doble pared de acero inoxidable, dentro de la cual hay un material refractario de una densidad aproximada de 100 kg/m³, y en cuyo interior está enrollada una resistencia eléctrica blindada de 5.000 W de potencia, a 240 V. El radiador debe ser capaz de producir una radiación de 0 a 100 kW/m² sobre la superficie de la probeta, que se controla por medio de tres termopares colocados en contacto con el elemento calefactor (figuras 6 y 7).

Procedimiento

Las probetas son cuadradas, de 100 mm de lado y un máximo de 60

FIGURA 4. Esquema general del *Cone Calorimeter*, de acuerdo con ISO 5660.

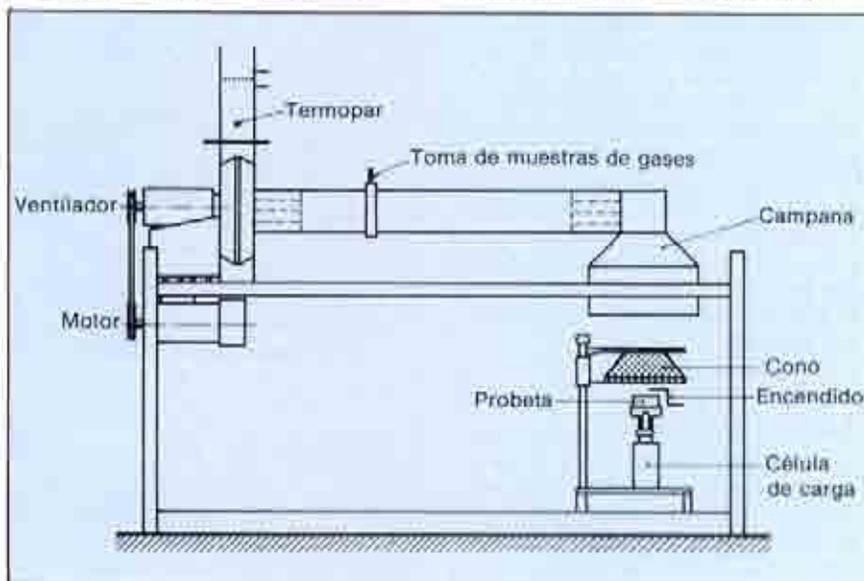


FIGURA 5. *Cone Calorimeter*. El aparato comercializado en el mercado tiene unas dimensiones de 1.787 mm de largo, 629 mm de ancho y 1.997 mm de alto (2.698 mm con el conducto de salida de gases). Cortesía de Stanton Redcroft (PL Thermal Sciences Ltd.).



mm de espesor. Se ensayan tres probetas para cada nivel energético escogido y para cada superficie expuesta diferente.

Al colocar la probeta en el porta-probetas se empieza a registrar valores, a intervalos no superiores a cinco segundos.

FIGURA 6. Detalle constructivo del cono, de acuerdo con ISO 5660.

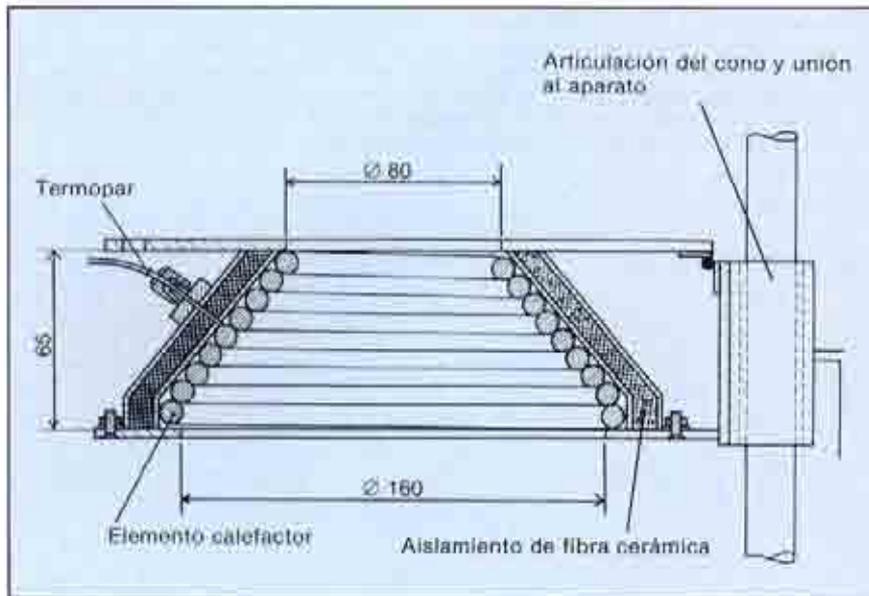


FIGURA 7. El *Cone Calorimeter* en funcionamiento. Cortesía de Stanton Redcroft (PL Thermal Sciences Ltd.).



Se anota la duración de las inflamaciones transitorias (*flash*): cuando se produzca la inflamación sostenida se toma nota del tiempo y se corta la alimentación a la bujía de encendido exterior. Los datos se recogen hasta dos minutos después de finalizar toda inflamación o toda señal de combustión, hasta que la pérdida de peso sea inferior a 150 g/m^2 , o después de sesenta minutos. Hay que observar y registrar los cambios físicos de la muestra, tales como fusión, hinchamiento o agrietado.

La velocidad de desprendimiento de calor se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\dot{q} (t) = 13,1 \times 10^3,1,10 C \sqrt{\frac{\Delta P}{T_e}} \cdot \frac{(0,2095 - X_{O_2})}{(1,105 - 1,5 X_{O_2})}$$

siendo:

- \dot{q} = Velocidad de desprendimiento de calor.
- C = Constante de calibración del orificio del medidor.
- ΔP = Presión diferencial en el orificio del medidor.
- T_e = Temperatura en el orificio del medidor.
- X_{O_2} = Fracción molar de oxígeno en el conducto de salida.

Información obtenida

La información proporcionada por el *Cone Calorimeter* es:

1. Velocidad de desprendimiento de calor (kW)
2. Velocidad de desprendimiento de calor por unidad de superficie (kW/m^2).
3. Velocidad de pérdida de peso (kg/s).
4. Tiempo para el encendido de la probeta (s).
5. Densidad del humo (m^2/kg).
6. Peso de hollín desprendido por la probeta (kg/kg).
7. Calor de combustión efectivo (MJ/kg).

LA CLASIFICACIÓN

Una primera propuesta de clasificación ha sido realizada por el SP (Statens Provningsanstalt, Instituto Nacional de Ensayos de Suecia) (8), y se está trabajando en un modelo que permita el paso de los resultados del *Cone Calorimeter* al *Room-Corner Test*. Para productos en los que se produce el *flash-over* antes de diez

minutos, también se ha propuesto ya un modelo matemático. Como ejemplo, se muestra en la figura 8 cómo puede predecirse la velocidad de desprendimiento de calor ensayada en el *Room-Corner Test*. La figura 9 muestra cómo puede predecirse el tiempo para el *flash-over* de algunos materiales.

El sistema de clasificación que vamos a referir a continuación se basa en el ensayo de gran tamaño realizado en el *Room-Corner Test*, de acuerdo con ISO 9705, con la fuente de encendido descrita en el método NORDTEST NT Fire 025, que es una fuente de ignición con una potencia constante de 100 kW durante los diez primeros minutos y aumentada luego a 300 kW. Alrededor de 20 productos han sido ensayados a gran escala y agrupados en clases de comportamiento al fuego.

El tiempo para alcanzar el *flash-over* es el principal considerando, pero también la producción de humo y la velocidad de desprendimiento de calor son consideradas. En la figura 10 se definen cinco clases y, excepto para la clase A, la velocidad punta de desprendimiento de calor, incluyendo la fuente de encendido (el quemador de gas), está limitada a 1.000 kW dentro de los límites de tiempo dados.

Una propuesta de clasificación ha sido realizada por Suecia. El principal considerando es el tiempo para alcanzar el flash-over, pero también se tiene en cuenta la velocidad de desprendimiento de calor y la producción de humo.

FIGURA 8. Comparación entre las velocidades de desprendimiento de calor predichas para materiales de recubrimiento superficiales en el *Room-Corner Test* (basadas en ensayos a pequeña escala realizados en el *Cone Calorimeter*) y las medidas experimentalmente. Los materiales ensayados son los siguientes: a) espuma rígida de poliuretano; b) lana de roca con recubrimiento textil; c) placa de fibras aislante; d) poliestireno expandido; e) placa de fibras de media densidad; f) tabla de madera de abeto rojo; g) tablero de partículas recubierto de papel; h) tablero de partículas; i) tablero de partículas recubierto de melamina. Tomado de Wickström, Ulf, 1990.

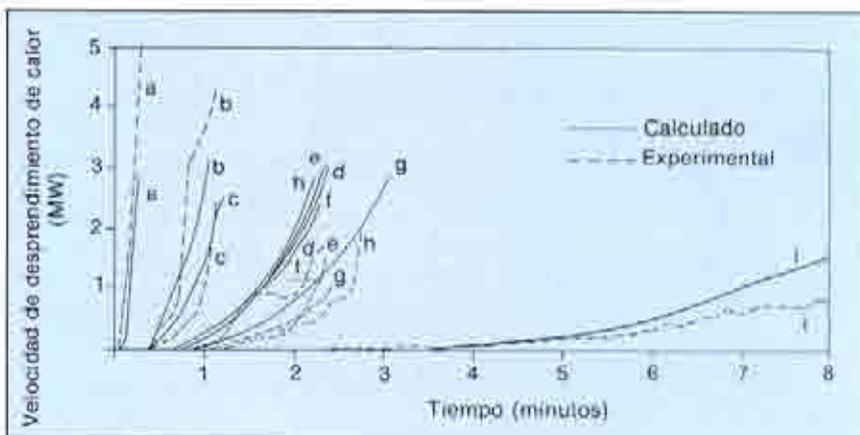


FIGURA 9. Los resultados obtenidos en el *Cone Calorimeter* se emplean para predecir los tiempos en que se alcanza el *flash-over* (1.000 kW) en el *Room-Corner Test*. Como puede verse, los valores calculados son bastante acertados para todos los productos. Tomado de Documento CEN/TC 127N 32, 1988.

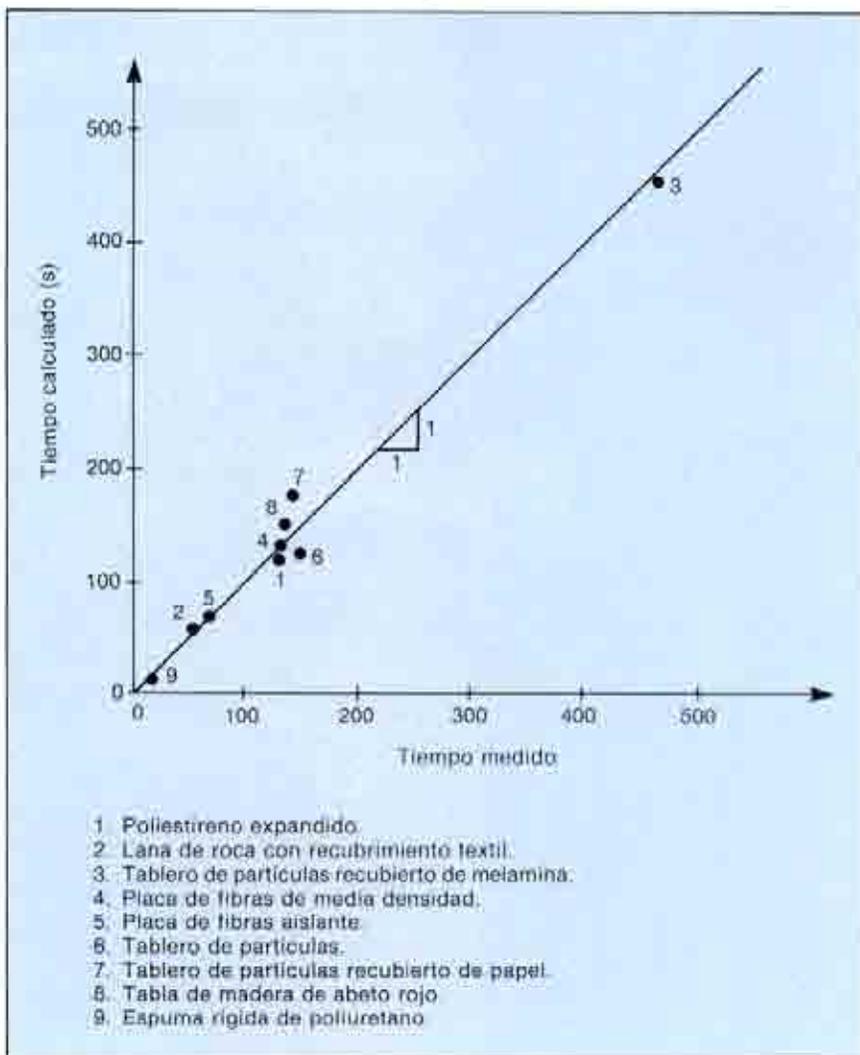


FIGURA 10. Propuesta de clasificación de los materiales de revestimiento ensayados en el Room-Corner Test (ISO 9705). Tomado de Göransson, Ulf, y Sundström, Björn.

Clase	Tiempo mínimo (min)	Máxima velocidad de desprendimiento de calor		Máxima producción de humo	
		Valor individual (kW)	Valor mínimo (kW)	Valor individual (ob/m ³ s) [*]	Valor mínimo (ob/m ³ s) [*]
A	20	600	250	10	3
B	20	1.000	300	70	5
C	12	1.000	230	70	5
D	10	1.000	200	70	5
E	2	1.000	—	70	—

* Ob (obscura) es una medida de la densidad óptica por metro. Un ob corresponde aproximadamente a una visibilidad de 1 m.

La velocidad de desprendimiento de calor de 1.000 kW casi producirá el *flash-over*, por ejemplo, llamas saliendo por la abertura de la cámara. Por consiguiente, deben realizarse ensayos preliminares, únicamente para observar cuando las llamas salen por la abertura, sin medir esa velocidad.

Los resultados de los ensayos son, en general, muy fáciles de comprender y valorar, incluso para personal no experto. El tiempo hasta que se produce el *flash-over* es una medida simple y sencilla. Es también un parámetro de entidad muy relevante para determinar el riesgo potencial de incendio de un producto.

Los productos típicos de cada clase son:

Clase A. Corresponde a productos que muestran una combustión muy limitada: lana de roca y placas de escayola.

Clase B. Corresponde a productos que están próximos, pero en los que no se produce el *flash-over* durante el periodo de ensayos de veinte minutos; papeles de paredes ligeros y placas de escayola.

Clase C. Son productos en los que no se produce el *flash-over* hasta más de dos minutos después de haberse aumentado la potencia de salida del quemador a 300 kW; típicamente los recubrimientos ignífugos sobre madera, la placa de yeso de 9 mm de espesor y las espumas de poliestireno han mostrado este comportamiento.

Clase D. Son productos que se inflaman muy rápidamente cuando se pasa a la potencia de 300 kW del quemador; típicamente, papeles de paredes pesados.

Clase E. Corresponde a productos que se inflaman después de más de dos minutos de estar expuestos a la

Se conoce, desde hace tiempo, que existe una relación empírica entre la cantidad de calor producida por una combustión y el oxígeno que en ella se consume. Para la mayoría de los materiales combustibles se ha encontrado un valor constante de 13,1 MJ por kg de oxígeno consumido.

potencia inicial del quemador de 100 kW; típicamente, productos de madera maciza.

CONCLUSIONES

— La solución técnica de los ensayos que hemos descrito, en especial lo que parece ser buena correlación entre resultados a gran y pequeña escala, es novedosa y enormemente interesante por las posibilidades de validación de resultados que ofrece.

— Es evidente que todavía queda mucho camino por recorrer, pero dos hechos confirman la bondad técnica de los ensayos propuestos:

- Estar basados en un principio derivado de la química del fuego, el de la medida del consumo de oxígeno (en los incendios se producen básicamente reacciones de oxidación-reducción).

- Tratarse de normas ISO, con lo que se consigue un reconocimiento mundial.

— Muy directamente, la adopción de esta solución, denominada **robusta** en el CEN/TC 127, ha provocado un enorme retraso en la adopción de una solución unificada comunitaria con vistas a la entrada en vigor del Mercado Único, que en estos momentos carece de armonización en materia de reacción al fuego y que, si se sigue este camino, no se prevé hasta antes del año 2000.

— Siendo una solución buena no deja de tener sus complicaciones, ya que el sistema final de clasificación deberá contemplar también los ensayos al más alto nivel (materiales no combustibles) y algún ensayo previo de discriminación (por ejemplo, pequeño quemador).

BIBLIOGRAFÍA

- Directiva 89/106/CEE para los productos de la construcción.
- «Fire Tests on Building Materials: Reaction to fire. Wall and ceiling linings». Documentos CEN/TC 127 N130, N131, N132 y N133, 1989.
- WICKSTRÖM, J.: *The future of European Testing*. Proceedings of Flame Retardants '90 Conference. Londres, 1990.
- JANSENS, M., y MINNE, R.: «Survey of Rate of Heat Release Test Methods and Apparatuses». Documento ISO/TC 92/SC1/N 104, 1982.
- HUGGET, C.: «Estimation of rate of Heat Release Rate by Means of Oxygen Consumption Measurements». *Fire and Materials*, 4, pp. 61-65, 1980.
- Los materiales plásticos y el fuego*. Curso del Centro Español de Plásticos, Barcelona, 1992.
- BABRAUSKAS, V.: *The Cone Calorimeter-A Versatile Bench-Scale Tool for the Evaluation of Fire properties*. Proceedings of the New Technology to Reduce Fire Losses & Costs Conference. Luxemburgo, 1986.
- GÖRANSSON, U., y SUNDSTRÖM, B.: *Possible Fire Classification Criteria and their implications for surface materials tested in full scale according to ISO DEP 9705 or NT Fire 025*. SP Rapport, 1988.19 Brandteknik.