



Sistemas de Control de Temperatura y Evacuación de Humos (SCTEH) en lugares de ocio

MARC MARTÍNEZ. GRUPO DE TRABAJO CONTROL DE HUMOS. TECNIFUEGO-AESPI

Los lugares de ocio como cines, teatros, salas de concierto y locales similares deben estar al corriente de sus obligaciones legales con respecto a las exigencias de seguridad en protección contra incendios. Entre los puntos clave de la seguridad contra incendios figura garantizar la intervención del servicio de bomberos, evitar la propagación interior y exterior del incendio y la evacuación de personas, jugando en este último punto un papel clave los SCTEH.

La importancia que tiene hoy en día disponer de un sistema de control de humos de incendio (SCTEH) en este tipo de establecimientos, se debe a las funestas consecuencias que tuvo la acumulación del humo en los históricos incendios producidos en el Brooklyn Theater (283 víctimas en 1877), el Viena Ring Theater (449 víctimas en 1881) el Theater Royal (186 víctimas en 1887) y el Iroquois Theater (571 víctimas en 1903). Cabe destacar que el origen de todos estos trágicos incendios se produjo en las cajas escénicas. En la actualidad, estos lugares de ocio reciben un tratamiento especial.

En el incendio del Palace Theater de Edimburgo (1911) la colocación de elementos para la evacuación de humos en el techo del escenario no evitó que hubiese víctimas entre bastidores (en la actualidad la caja escénica se debe compartimentar respecto de la sala de espectadores con su propio SCTEH). Sin embargo, al fluir el humo hacia el escenario y evacuar por los elementos de evacuación indicados, sirvió para evitar víctimas entre el público asistente.

En este sentido cabe destacar que en los incendios producidos en el interior de locales de ocio, además de las llamas que se generan y el aplastamiento entre personas por el pánico producido, es la inhalación del humo el principal causante de las muertes.

En la actualidad, la normativa que establece las exigencias básicas de protección contra incendio en este tipo de establecimientos es el Código Técnico de la Edificación (CTE). La obligación de instalar un SCTEH está contemplada en el Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio, Sección 3; Evacuación de ocupantes (DB SI-3). Concretamente en el Apdo. 8, "Control del humo de incendio", se indica los casos en los que se debe instalar dicho sistema:

- Aparcamientos (no abiertos).
- Establecimientos de uso comercial o pública concurrencia con una ocupación superior a 1.000 personas.
- En atrios cuando la ocupación de un sector sea superior a 500 personas o se prevea la evacuación de más de 500 personas.

No obstante, también se debe incluir el caso especial de los sectores de incendio de caja escénica propio de algunos lugares de ocio, así como también la protección frente al humo de vestíbulos, escaleras y pasillos de evacuación cuando se requiera.

El CTE prioriza la ocupación, es decir, la evacuación de las personas frente a salvaguardar la propiedad o incluso la carga almacenada. Puesto que la protección de los ocupantes es el objetivo prioritario del CTE, la inclusión de un SCTEH en los establecimientos que regula, en concreto en los locales de ocio, es primordial, ya que es una de las principales herramientas para garantizar la evacuación de las personas en condiciones de seguridad. Para lograr el mayor nivel de seguridad posible en caso de incendio en un local de ocio, el SCTEH debe conseguir mantener el humo alejado de las personas y que el calor transmitido a las personas desde los gases calientes de combustión sea el menor posible. En pro de conseguir el primer objetivo es necesario que el SCTEH esté gobernado por el sistema de detección, para que entre en funcionamiento cuando el incendio se encuentre en su fase incipiente y la cantidad de humo que se haya generado no sea desmesurada. Por su parte, la acción de enfriamiento de los humos producida por el agua liberada por el sistema de rociadores en la zona donde se ha producido el incendio junto con la evacuación de los gases más calientes en el global del sector de incendio por parte del SCTEH deben conseguir valores de temperatura en la capa de humos que impidan un nivel de radiación sobre los recorridos de evacuación por encima de los niveles de seguridad. La temperatura máxima permitida por la norma UNE 23.585 en estos casos es de 200 °C.



The Empire Palace Theatre Fire, 1911. Fuente: www.turnbullfiresafety.com



A la hora de afrontar el diseño prescriptivo en locales de ocio debe procederse de acuerdo a lo indicado en la norma UNE 23.585, teniendo en cuenta el incendio planteado, los espacios libres de humo y las características de la capa de humos que se forma.

Es responsabilidad del proyectista evaluar las cargas materiales del recinto susceptibles de sufrir un incendio, además de realizar un análisis de riesgos:

- Identificar las fuentes de ignición/calor como calderas de calefacción central, aparatos de cocina, velas o equipos de llama abierta, obstrucciones de ventilación, efectos especiales con pirotecnia, proyectores, pantallas y aparatos de iluminación, láser, etc.
- Identificar las fuentes de combustible: productos y líquidos inflamables, asientos tapizados y cojines, textiles, muebles, etc.
- Identificar las fuentes de oxígeno: aparte de materiales oxidantes (contribuyen a la combustión al liberar oxígeno), identificar principalmente los puntos de aporte de aire y su cota, ya sea de forma mecánica (sistemas de aire acondicionado / ventilación mecánica) o natural (puertas, ventanas y otras aberturas).

En cualquier caso, el diseño prescriptivo se basa en un incendio en situación estable de un tamaño apropiado al edificio implicado, conforme se indica en el apdo. 5.3.2. de la UNE 23.585 y también conforme a lo establecido en el apdo. 6.1. de dicha UNE. Para ello se deberá determinar en primer lugar el tipo de uso u ocupación (en base a la tabla 1 o al Anexo M de la UNE 23.585), a partir de lo cual se obtienen las dimensiones (área y perímetro) del incendio. Por otro lado, en el Anexo A de la norma UNE 23.585 se pueden encontrar valores de potencia unitaria para casos no contemplados en la tabla 1, en función del tipo de materiales que pueden verse involucrados en el incendio.

La dificultad del diseño en los espacios que nos ocupan está en la complejidad y diversidad de geometrías que abarcan, yendo de edificios de una planta de volumen simple a edificios multiplanta con escaleras y/o atrio. En cualquier caso, cabe recordar que la altura libre de humos mínima en rutas de evacuación para edificios públicos es $Y = 3,00$ m siendo más restrictiva que en edificios industriales. Por lo tanto, a fin de cumplir las exigencias del apdo. 6.2.2. de la UNE 23.585, convendría que, en rutas de evacuación y zonas con alta densidad de ocupación, la altura mínima libre entre entresuelo y techo (o punto previsto para evacuación humo de incendio) fuese como mínimo de 3,30 m. Aun teniendo en cuenta esto, se considera que la geometría en estos espacios de público dispone de techos altos o puntos de evacuación de humos lo suficientemente elevados como para permitir una altura libre de humos de 3 metros.

Además de la altura libre de humos, debe comprobarse también la profundidad mínima de capa de humos necesaria (conforme al Anexo F.2 de la UNE 23.585) teniendo en cuenta el efecto *foldback* (la capa de humos aumenta cuando el flujo alcanza los cerramientos laterales y gira mezclándose con más aire). Este efecto es especialmente significativo en atrios largos y estrechos y para minimizarlo se aconseja realizar la extracción en los laterales del depósito de humos.



El proceso de diseño del SCTEH en las plantas de volumen simple no presenta mayor complejidad que en establecimientos industriales. Sin embargo, en volúmenes en los que el humo se evacua por un espacio adyacente común o atrio, el proceso de diseño debe contemplar diferentes hipótesis de partida:

- Incendio en el propio atrio.
- Incendio en cualquiera de los espacios de comunicación de cada planta con el atrio, con derrame de penacho (doble o simple).

Cabe destacar que para el diseño en configuración de varias plantas la norma contempla la posibilidad de crear separación de espacios de comunicación de cada planta respecto al atrio mediante barreras de humo.

En el caso de plantear un incendio en un local que comunica con un espacio de gran volumen o atrio, el humo se desplazará por el local del incendio hasta llegar al borde de derrame donde será extraído mediante extracción mecánica o verterá al atrio, formando una capa de humos en la que se deberá extraer un caudal de humo determinado que impida descender al humo.

Para el diseño se deberán identificar las dimensiones del recinto necesarias para el cálculo:

- Altura (H_{atrio}) y anchura ($A_{\text{res}}^{0,5}$) del atrio.
- Altura y anchura (W) de la abertura (h).

En el caso de que existan vías de evacuación elevadas, se debe identificar a qué cota están para verificar que se ha tomado una altura libre de humos adecuada por encima del borde del derrame.



Centro Comercial Winkelcentrum Schooten Plaza. Fuente: Cottés-Brakel.

Por último, no hay que olvidar la protección frente al humo que se requiere en pasillos y escaleras cuando el CTE indica que deben ser protegidas o especialmente protegidas (ver apdo. 5 del DB-SI 3). Dicha protección podrá realizarse mediante ventilación natural o por 2 conductos independientes (sujeto a los condicionantes que se indican en la definición de escalera protegida) o bien mediante un sistema de presurización diferencial conforme a la norma de diseño EN 12101-6, la cual establece 6 clases de sistemas (A, B, C, D, E, F) con diferentes criterios de velocidad y presión, para edificios según su función. Este sistema generalmente se compone de 1 extractor (+ 1 de reserva si así se requiere) que introduce un caudal de aire del exterior (conducido por conductos si así se requiere) y controlado por un cuadro de control con variador de frecuencia y sonda de presión diferencial, a efectos de obtener un gradiente de presión que impida la entrada de humo.

Ejemplo de cálculo de evacuación de humo por espacio adyacente

Considerando un incendio en una tienda comercial con rociadores, el humo caliente que fluye desde la entrada de la tienda (abertura de 12 x 4 m de alto) directamente hasta el espacio adyacente (un atrio de 12 m de altura libre y 1.000 m² de superficie) sin encontrar ningún obstáculo, se caracteriza por:

- Dimensiones del incendio: $A_f = 10 \text{ m}^2$, $P = 12 \text{ m}$ (tabla 1, apartado 6.1 de la UNE 23.585).
- Tasa de liberación de calor unitaria: 625 kW/m² (tabla 1, apartado 6.1 de la UNE 23.585).
- Calor convectivo, $Q_w = 5.000 \text{ kW}$ (tabla 3, apartado 6.3 de la UNE 23.585).
- Caudal de masa de humo que fluye horizontalmente hasta el borde de derrame al espacio principal (atrio), $M_w = 21,69 \text{ kg/s}$, calculado a partir de la Ecuación C.1 del Anexo C de la UNE 23.385.
- Se considera un coeficiente de caudal (C_e) correspondiente a una habitación de pequeño-espacio según se describe en el Anexo B. y se toma como valor de coeficiente de eficacia de descarga (C_d) la unidad porque en el fluir horizontal del humo este no se encuentra ningún obstáculo.
- Profundidad de la capa que fluye horizontalmente (ecuación C.3 del Anexo C de la UNE 23.385):

$$D_w = \left[\frac{1}{C_d} \right] \cdot \left[\frac{M_w}{2 \cdot W} \right]^{2/3} = 0,935 \text{ m}$$

- Cálculo de la temperatura promedio en la capa de humos por encima de la temperatura ambiente (20 °C) que fluye horizontalmente en la tienda donde se origina el incendio a partir del incremento de temperatura (Θ):

$$\theta_w = \left[\frac{Q_w}{c \cdot M_w} \right] = 229,04$$

- Con lo que la temperatura de la capa de humos antes del desborde al atrio es de:

$$T_w = T_{amb} + T_w = 249,04 \text{ °C}$$

- Caudal de masa de humo que derrama al atrio (se considera que antes del derrame definitivo no hay voladizo o este se encuentra enrasado con el techo de la última estancia antes del derrame):

$$M_B = M_w = 21,69 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

(Si previo al derrame existiera un voladizo por encima del techo del último local, el caudal M_b se obtendría con la ecuación D.2. de la UNE 23.585)

Cabe indicar que el humo, una vez entra en el atrio sufre un aumento de caudal debido a la rotación en el borde de derrame (se produce una rotación en la capa de fluido incrementándose el caudal del humo por admisión de aire frío y en consecuencia, se reduce la temperatura).

En el ejemplo, para el cálculo de la columna secundaria según el Anexo E fijaremos un espesor de capa de humos (d_1) de 3,5 m (*profundidad evidente de la capa*). Cabe mencionar que en función de la profundidad permitida y para que la capa de humos no invada espacios de comunicación de plantas superiores puede ser necesario cerrar dichos espacios con barrera. No obstante, nuestro ejemplo es de una única planta. Por lo tanto, la altura efectiva de ascenso del derrame de penacho (X) se obtiene con la ecuación E.1 de la norma UNE 23585:

$$\text{Para } d_1 < 0,67 \cdot A_{res}^{0,5} \rightarrow X = (H_{atrio} - h_{abertura}) - (1,26 \cdot d_1) \\ = (12 - 4) - 4,41 = 3,59 \text{ m.}$$

En nuestro ejemplo consideramos que el penacho fluye libre, es decir sobre la tienda hay un espacio diáfano de forma que el aire puede entrar en el penacho por ambos lados (penacho de humo libre). Por lo tanto, se puede aplicar el método aproximado para el cálculo del caudal de aire que entra dentro del derrame de penacho, obteniendo:

- Caudal de entrada de aire dentro del derrame, $M_x = 90,95 \text{ kg/s}$. (EC. E.34 Anexo E).
- Incremento de temperatura, $\Theta_1 = 54,64 \text{ °C}$. (EC. E.35 Anexo E).
- Temperatura promedio de capa de humos, = 74,64 °C.
- Superficie aerodinámica* por tiro natural aprox. = 34,11 m². (EC. F.6 Anexo F).

* Para una relación de salida/entrada de superficie aerodinámica ($AvCv/AiCi$) = 1.