



**Protección
pasiva** contra el **fuego**
Previene, evita, protege



**ANÁLISIS DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN
Y DE RESISTENCIA AL FUEGO**



Rafael Sarasola.
Coordinador Comité Instalación
Productos de Protección Pasiva.
TECNIFUEGO-AESPI

En este artículo se estudiara la evaluación y mejora de la resistencia al fuego analizando diferentes casos para que los técnicos puedan tomar decisiones más correctas. Se expondrán partes del CTE que se consideran relevantes y se irán comentando. Hay que tener en cuenta que el CTE debe ser un organismo vivo dado que continuamente se están modificando normas con objeto de asegurar la mejor la protección contra incendios e incorporando las nuevas tecnologías.



Ilustración 1 Estructura protección pasiva

El análisis estructural es muy complejo, dado que influyen numerosos factores. El reto de los ingenieros de incendios es lograr la máxima rentabilidad con el menor coste posible facilitando el salvamento de vidas. El dimensionado para la adecuada protección de un bien

se refiere para un tiempo determinado (No es ilimitado) . La especialización en este campo es muy compleja dado que requiere una experiencia en ensayos y análisis en incendios reales para poder aportar soluciones solidas que aseguren un buen comportamiento al fuego. La modelización del ensayo suele ser más desfavorable que la realidad, pero el análisis estructural es determinante al objeto de poder definir una solución constructiva. Sin conocimientos sólidos en estructuras es difícil optimizar los resultados, al fin y al cabo, la acción del fuego actúa como una carga adicional , pero con más efectos colaterales que los puramente estructurales.

El establecimiento de escenarios es complicado. La elaboración del código técnico está basada es unos estándares de carga de fuego generales que no siempre responden a la realidad que nos encontramos. Y aún más, el proyecto no puede ser modificado en ningún caso por el usuario de dicho establecimiento dado que cambiaría las exigencias de comportamiento al fuego.

2- Cómo se eligen las soluciones de resistencia al fuego

Las soluciones respaldadas con ensayos oficiales tienen una justificación legal clara. Se aplica la norma que está en vigor.

Hay que tener en cuenta que en el código técnico aparecen solamente el número de la norma y a veces no aparece el año de publicación, se supone que los proyectistas deben de utilizar la última norma en vigor que ha salido en el diario de la Comunidad Europea. Adjunto comentarios del código técnico.

Versión de las normas UNE-EN de ensayo que debe considerarse

Las UNE-EN de ensayo o de clasificación, al ser normas de apoyo a normas EN armonizadas de producto publicadas en el Diario Oficial de la Unión Europea se pueden considerar incluidas entre las de actualización automática conforme a la última versión

Condiciones de comportamiento ante el fuego de los productos de construcción y de los elementos constructivo

- 1. Este DB establece las condiciones de reacción al fuego y de resistencia al fuego de los elementos constructivos conforme a las nuevas clasificaciones europeas establecidas mediante el Real Decreto 312/2005, de 18 de marzo y a las normas de ensayo y clasificación que allí se indican. No obstante, cuando las normas de ensayo y clasificación del elemento constructivo considerado según su resistencia al fuego no estén aún disponibles en el momento de realizar el ensayo, dicha clasificación se podrá seguir determinando y acreditando conforme a las anteriores normas UNE, hasta que tenga lugar dicha disponibilidad.*
- 2. El Anejo G refleja, con carácter informativo, el conjunto de normas de clasificación, de ensayo y de producto más directamente relacionadas con la aplicación de este DB.*

Cuando no existe norma clara y hay que aplicar diferentes interpretaciones es cuando pueden llegar los problemas. Hay que justificar la seguridad contra incendios como si fuera una prueba a tamaño real. Cuando los sistemas puedan ser evaluados mediante ensayos con normas internacionales contrastadas ,podrían ser aceptados. La aplicación de estas tecnologías requiere una profunda especialización para dar una respuesta técnicamente adecuada a los problemas de obra. El uso a nivel mundial de los equipos multidisciplinares es una constatación que en los grandes proyectos es imprescindible la participación de especialistas expertos en los sistemas . Solo así se realizara un análisis profesional.

Criterios generales de aplicación

Pueden utilizarse otras soluciones diferentes a las contenidas en este DB, en cuyo caso deberá seguirse el procedimiento establecido en el artículo 5 del CTE y deberá documentarse en el proyecto el cumplimiento de las exigencias básicas. Cuando la aplicación de este DB en obras en edificios protegidos sea incompatible con su grado de protección, se podrán aplicar aquellas soluciones alternativas que permitan la mayor adecuación posible, desde los puntos de vista técnico y económico, de las condiciones de seguridad en caso de incendio. En la documentación final de la obra deberá quedar constancia de aquellas limitaciones al uso del edificio que puedan ser necesarias como consecuencia del grado final de adecuación alcanzado y que deban ser tenidas en cuenta por los titulares de las actividades.

Cuando se cita una disposición reglamentaria en este DB debe entenderse que se hace referencia a la versión vigente en el momento que se aplica el mismo. Cuando se cita una norma UNE, UNE-EN o UNE- EN ISO debe entenderse que se hace referencia a la versión que se indica, aun cuando exista una versión posterior, excepto cuando se trate de normas UNE correspondientes a normas EN o EN ISO cuya referencia haya sido publicada en el Diario Oficial de la Unión Europea en el marco de la aplicación de la Directiva 89/106/CEE sobre productos de construcción, en cuyo caso la cita debe relacionarse con la versión de dicha referencia.

Cómo y dónde se ensayan

Los laboratorios acreditados se encargan de realizar las evaluaciones de los productos. Sin embargo a veces resulta complicado analizar los informes y su validez . Se pueden realizar tanto ensayos a tamaño real o modelizado con las normas UNE-EN.

Laboratorios de ensayo

La clasificación, según las características de reacción al fuego o de resistencia al fuego, de los productos de construcción que aún no ostenten el marcado CE o los elementos constructivos, así como los ensayos necesarios para ello deben realizarse por laboratorios acreditados por una entidad oficialmente reconocida conforme al Real Decreto 2200/1995 de 28 de diciembre, modificado por el Real Decreto 411/1997 de 21 de marzo. En la fecha en la que los productos sin marcado CE se suministren a las obras, los certificados de ensayo y clasificación antes citados deberán tener una antigüedad menor que 5 años

cuando se refieran a reacción al fuego y menor que 10 años cuando se refieran a resistencia al fuego.



Ilustración 2 marcado CE producto pasiva construcción

Obligatoriedad de aportar los informes de ensayo

Los fabricantes o suministradores de productos que aún no ostenten el marcado CE solo están obligados a aportar copia del certificado de clasificación, el cual en todo caso debe contener la descripción e identificación completa del producto. Tanto el informe de clasificación como el de ensayo, aunque este no se entregue, deben ser vigentes conforme a lo que establece este DB SI.

Vigencia de los informes de extensión de la aplicación de los resultados de los ensayos (EXAP)

Los informes de extensión de la aplicación de los resultados de los ensayos (EXAP) deben basarse en la norma aplicable vigente (EN EXAP). Cuando esta no exista, deben basarse en su último proyecto disponible (prEN EXAP) y cuando este tampoco exista, en la experiencia del laboratorio si bien, en este caso, su validez queda al margen del ámbito de aplicación del CTE.

Los informes EXAP basados en la experiencia de un laboratorio se deben anular cuando se

disponga de un prEN EXAP. Los informes basados en un prEN EXAP se deben actualizar cuando se disponga de un proyecto posterior o bien de una norma EN EXAP.

Cuando se modifique una norma EN EXAP, los informes realizados conforme a ella se deben anular y revisar de acuerdo a la nueva norma, aunque los informes de ensayo en los que se base el informe EXAP estén en vigor.

Un informe EXAP pierde su vigencia cuando la pierda alguno de los informes de ensayo en los que se basa.

Los informes EXAP los deben elaborar laboratorios acreditados para la realización de ensayos por una entidad oficialmente reconocida.

Cómo se calcula la resistencia al fuego estructural

Se debe saber el comportamiento térmico y estructural del elemento a proteger. Por ejemplo, la temperatura crítica a la que se ha dimensionado la estructura. Si existe una buena coordinación entre el cálculo de estructuras y los de protección al fuego permitirán sin ninguna duda optimizar la solución.

Se pueden realizar con cálculos analíticos, experimentales y por el método basado en comparación con las tablas ya incluidas en el CTE, que es fruto de un estudio que se realizó por el ministerio.



Ilustración 3 Edificación con protección pasiva

MÉTODO EXPERIMENTAL

En cuanto a la evaluación experimental de la resistencia al fuego de un sistema constructivo estructural o no, se utilizan las normas UNE_EN. Los ensayos se llevarán a cabo en los laboratorios expresamente autorizados.

Con la introducción del sistema de prueba y la clasificación europea, el laboratorio da dos documentos diferentes:

- El **informe del ensayo**, que contiene una descripción detallada del elemento bajo prueba y las condiciones de preparación. También contiene una descripción precisa de las observaciones que se registran durante el ensayo y la evaluación de los parámetros necesarios para la clasificación (temperaturas más altas, paso de gases calientes, creación de grietas evidentes, el paso de la llama, deformaciones, etc.). Este informe no contiene ninguna indicación de la clasificación.
- **Informe de clasificación**, que contiene una descripción del elemento bajo prueba, el número de referencia del ensayo, la clasificación obtenida y el campo de la aplicación directa del resultado de la prueba en la que se indican las variaciones admitidas en comparación con la muestra de prueba, sin una evaluación adicional (campo de aplicación directa). Existen normas que introducen los conceptos de “campo de aplicación directa” y de “alcance extendido” del resultado de la prueba.
- El “**campo de la aplicación directo**” del resultado de la prueba es el conjunto de cambios que puede realizar en el elemento en estudio, sin necesidad de más pruebas o cálculos. Cada informe de calificaciones contiene una cláusula específica en la que se indican las variaciones admisibles.
- El “**alcance extendido**” es el conjunto de cambios en el elemento ensayado que no entran dentro del campo de aplicación directo y que se reconoce como válida por el laboratorio.

MÉTODOS ANALÍTICOS

Se incluyen varios métodos analíticos .

Anejo B *Tiempo equivalente de exposición al fuego*

B.1 Generalidades

1. *Este anejo establece el procedimiento para obtener el tiempo equivalente de exposición al fuego que, según se indica en SI 6, puede usarse como alternativa de la duración de incendio a soportar, tanto a efectos estructurales como*

compartimentadores. El tiempo equivalente se obtiene teniendo en cuenta las características geométricas y térmicas del sector y el valor de cálculo de la carga de fuego.

2. En este anejo se indica también la expresión de la curva normalizada tiempo-temperatura definida en la norma UNE EN 1363:2000 y que se utiliza como curva de fuego en los métodos de obtención de resistencias dados en este DB-SI. En la norma (Eurocódigo) UNE EN 1991-1-2:2004 se indican otras curvas de fuego nominales.

B.2 Curva normalizada tiempo-temperatura

La curva normalizada tiempo-temperatura es la curva nominal definida en la norma UNE EN 1363:2000 para representar un modelo de fuego totalmente desarrollado en un sector de incendio. Está definida por la expresión:

$$\Theta_g = 20 + 345 \log_{10} (8 t + 1) \quad [^{\circ}\text{C}]; \quad (\text{B.1})$$

siendo:

$$\begin{aligned} \Theta_g & \text{ temperatura del gas en el sector} && [^{\circ}\text{C}]; \\ t & \text{ tiempo desde la iniciación del incendio} && [\text{min}]. \end{aligned}$$

La curva normalizada tiempo-temperatura supone, aproximadamente, las siguientes temperaturas:

Tiempo t, en minutos	15	30	45	60	90	120	180	240
Temperatura en el sector Θ_g , en $^{\circ}\text{C}$	740	840	900	950	1000	1050	1100	1150

B.3 Tiempo equivalente de exposición al fuego

1. Para elementos estructurales de hormigón armado o acero puede tomarse como valor de cálculo del tiempo equivalente, en minutos:

$$t_{e,d} = k_b \cdot w_f \cdot k_c \cdot q_{f,d} \quad (\text{B.2})$$

siendo:

k_b coeficiente de conversión en función de las propiedades térmicas de la envolvente del sector; que puede tomarse igual a 0,07. El anejo F de la norma UNE EN 1991-1-2:2004 aporta valores más precisos.

w_f coeficiente de ventilación en función de la forma y tamaño del sector.

k_c coeficiente de corrección según el material estructural (Tabla B.1).

$q_{f,d}$ valor de cálculo de la densidad de carga de fuego en función del uso del sector, en MJ/m², obtenida según se indica en el apartado B.4.

2. El coeficiente de ventilación w_f se calcula como:

$$w_f = (6/H)^{0,3} \cdot [0,62 + 90(0,4 - \alpha_v)^4 / (1 + b_v \alpha_h)] \geq 0,5 \quad [-] \quad (\text{B.3})$$

siendo:

$$\alpha_v = A_v/A_f \quad \text{relación entre la superficie de las aberturas en fachada y la superficie del suelo del sector, con los límites } 0,025 < \alpha_v < 0,25 \quad (\text{B.4})$$

$$\alpha_h = A_h/A_f \quad \text{relación entre la superficie de las aberturas en el techo, } A_h, \text{ y la superficie construida del suelo del sector}$$

$$bv = 12,5 (1 + 10 \alpha_v - \alpha_v^2) \geq 10 \quad (\text{B.5})$$

$$H \quad \text{altura del sector de incendio [m]}$$

Para sectores pequeños ($A_f < 100 \text{ m}^2$), sin aberturas en el techo, el coeficiente w_f se puede calcular aproximadamente como:

$$w_f = O^{-1/2} \cdot A_f/A_t \quad (\text{B.6})$$

siendo:

$$O = A_v \sqrt{h} / A_t \quad \text{coeficiente de aberturas con los límites } 0,02 \leq O \leq 0,20 \text{ [m}^{1/2}\text{];}$$

$$A_t \quad \text{superficie total de la envolvente del sector (paredes, suelo y techo), incluyendo aberturas [m}^2\text{];}$$

$$H \quad \text{altura promedio de los huecos verticales, [m]}$$

Como aberturas en fachada o en techo se deben considerar los huecos, lucernarios, ventanas (practicables o no) superficies acristaladas y, en general, toda zona susceptible de facilitar la entrada de aire a la zona en la que se desarrolle el incendio.

De forma simplificada, para casos de sectores de una sola planta con aberturas únicamente en fachada, el coeficiente de ventilación w en función de la altura de la planta y de la superficie de dichas aberturas respecto de la superficie en planta del sector, puede tomarse como:

Coeficiente de ventilación w					
Altura de planta (m)	Superficie relativa de huecos en fachada				
	0,05	0,10	0,15	0,20	$\geq 0,25$
2,5	2,6	1,8	1,3	1,0	0,9
3,0	2,4	1,7	1,2	0,9	0,8
3,5	2,3	1,6	1,1	0,9	0,8
4,0	2,2	1,5	1,1	0,9	0,8

3. Los valores del coeficiente de corrección k_c se toman de la siguiente tabla:

Tabla B.1. Valores de K_c según el material estructural	
Material de la sección transversal	k_c
Hormigón armado	1,0
Acero protegido	1,0
Acero sin proteger	13,7 · 0

Conclusiones Finales

El cálculo es complejo por la cantidad de variables que se dan en la obra que no se pueden reproducir en el laboratorio, los ensayos son solo una modelización que conducen a una simplificación del problema. La única solución exacta sería la realización de ensayos a tamaño real, pero tienen un coste muy grande y solo se pueden hacer en casos muy especiales.

En el comité SC7 de Resistencia al fuego se incluyen todas las normas que están en revisión, y es en los grupos de trabajo donde se definen con detalle los ensayos. Se analizan por subsector de aplicación, para describir los detalles de cada solución constructiva dado que tienen diferentes metodologías de ensayos.