

# EL FUEGO

## La Madera y otros materiales de Construcción

(DE LA REVISTA «CHARPENTE MENUISIERE PARQUETS»)

### 1.—INTRODUCCION

Es preciso hacer la distinción, en el comportamiento al fuego de materiales y elementos de construcción, entre la reacción al fuego y la resistencia al fuego.

La **reacción al fuego** caracteriza la combustibilidad o la incombustibilidad de un material. Los materiales combustibles son clasificados, por otra parte, según su grado de inflamabilidad.

La **resistencia al fuego**, de un elemento de construcción o de un material, caracteriza la aptitud que el uno o el otro posee de jugar el papel que le ha sido asignado en la construcción durante un tiempo dado, expresado en horas.

Es necesario hacer esta distinción entre "Reacción al fuego" y "Resistencia al fuego" que caracteriza propiedades totalmente diferentes. Un material incombustible puede no presentar más que una débil "resistencia al fuego". Por ejemplo los metales.

Sin embargo un material combustible puede tener una buena "resistencia al fuego". La madera y materiales derivados presentan un ejemplo típico de este comportamiento.

La "reacción al fuego" o "la resistencia al fuego", es apreciada con la ayuda de ensayos perfectamente definidos.

### 2.—ENSAYOS DE REACCION AL FUEGO

Desde el punto de vista de "reacción al fuego" los materiales son clasificados como siguen:

- a) Materiales incombustibles.
- b) Materiales combustibles.

Según su grado más o menos grande de inflamabilidad, los materiales combustibles son subdivididos a su vez en:

- a) Materiales no inflamables.
- b) Materiales difícilmente inflamables.
- c) Materiales medianamente inflamables.
- d) Materiales fácilmente inflamables.
- e) Materiales muy fácilmente inflamables (es el caso de materiales flexibles).

La determinación de la "combustibilidad" se hace con la ayuda de una bomba calorimétrica.

Se considera "incombustible" un material, cuando la diferencia entre su poder calorífico inferior y el de sus cenizas es inferior a 500 calorías, con la condición de que responda positivamente a las especificaciones de los materiales no inflamables.

Para los materiales combustibles, la determinación del grado de inflamabilidad se hace o por un ensayo con la llama de alcohol, para los tejidos y láminas flexibles de menos de 0,5 cm. de espesor o por un ensayo de radiación (ensayo del epirradiator).

En este último, que es interesante para la madera y sus derivados, la fuente de calor está constituida por un radiador de una potencia tal que en régimen permanente, su energía sobre una superficie paralela, situada a 3 cm., es de 3 Watts/centímetros cuadrados.

Los dispositivos de inflamación de gas se colocan junto a la probeta.

En la parte baja del conducto de evacuación se encuentran cinco termopares eléctricos que permiten medir las temperaturas.

Las muestras miden 30 x 40 cm. Cada ensayo dura 20 minutos.

La clasificación está basada en los valores de cuatro índices cada

uno de los cuales debe estar comprendido entre límites dados para cada categoría.

Estos índices se han definido numéricamente de la siguiente forma:

A) Índice de inflamabilidad "i" (función del tiempo de inflamación sobre la cara expuesta y la cara no expuesta de la probeta).

B) Índice de desarrollo "s" (función de la suma de alturas máximas alcanzadas por las llamas, cada medio minuto durante la duración del ensayo).

C) Índice de altura máxima de las llamas "h".

D) Índice de combustibilidad "c" (función de la superficie algebraica comprendida entre la curva de variaciones medias de temperaturas indicadas por los termopares durante la duración del ensayo y la recta de la temperatura media, en régimen permanente, con dispositivo de encendido en funcionamiento).

El primer índice caracteriza esencialmente, la mayor o menor facilidad del material para inflamarse, hasta que la muestra alcanza la temperatura correspondiente al flujo calorífico de 450 grados centígrados aproximadamente.

Los otros tres índices están ligados a los peligros de propagación de la llama.

La distinción entre materiales "fácilmente inflamables" y "muy fácilmente inflamables", resulta de un ensayo de velocidad de propagación de la llama.

Conviene precisar que las clasificaciones obtenidas después de los ensayos se entienden para materiales probados en sus condiciones de puesta en obra.

Es en particular el caso de las pinturas y barnices ignífugos, para

los cuales no es posible dar un valor intrínseco: tal pintura, por ejemplo, será eficaz sobre un tablero de fibra aislante o sobre un contrachapado y sin valor sobre un tablero de fibra sobre el que no se fija.

Igualmente un ensayo de una pintura, aplicada sobre una placa metálica, no tiene valor, debido a la gran conductibilidad del metal y la fuerte absorción de calorías.

### 3.—ENSAYOS DE RESISTENCIA AL FUEGO

Se van a describir los ensayos que realizan los laboratorios del C. T. B. y C. S. T. B. de Francia, sobre los elementos de construcción siguientes:

- Puertas, ventanas y persianas.
- Muros.
- Tabiques.
- Vigas.
- Postes.
- Suelos y techos.

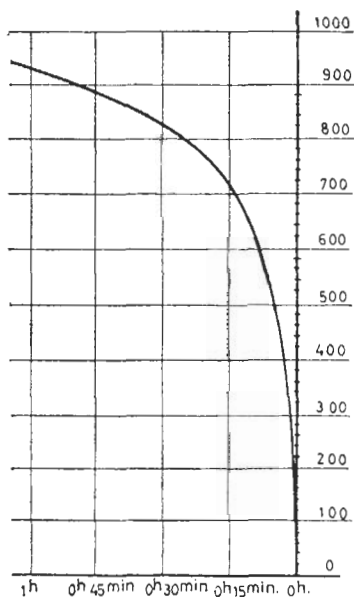
Estos elementos se ensayan en hornos cuyo calentamiento está definido por la relación siguiente:

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

T = temperatura junto a la probeta.

T<sub>0</sub> = temperatura inicial en grados centígrados.

t = tiempo en minutos.



La curva representativa de esta función se llama "curva normalizada de temperatura-tiempo".

Los valores dados por esta relación dan los resultados siguientes:

- 659° C. a los 10 minutos.
- 718° C. a los 15 minutos.
- 827° C. a los 30 minutos.
- 925° C. a los 60 minutos.
- 986° C. a los 90 minutos.
- 1.030° C. a las 2 horas.
- 1.090° C. a las 3 horas.
- 1.133° C. a las 4 horas.
- 1.194° C. a las 6 horas.

Los elementos deben ser ensayados en su tamaño real, siempre que las dimensiones de los hornos lo permitan.

Las dimensiones de las partes expuestas al fuego, consideradas suficientes para obtener resultados significativos, son las siguientes:

- Puertas, ventanas y persianas: 1,10 × 1,70 metros.
- Muros y tabiques: 2,00 × 2,00 metros.
- Postes: 2,30 metros.
- Vigas: 4,00 metros.
- Suelos: 3,00 × 4,00 metros.

En el curso del ensayo, las probetas son sometidas a cargas de tal forma que soporten los mismos esfuerzos que en la realidad.

Este papel es apreciado en función de los criterios siguientes:

- a) Resistencia mecánica.
- b) Aislamiento térmico.
- c) Estanqueidad a las llamas.
- d) Ausencia de emisión de gases inflamables.

Se tiene en cuenta uno o varios de estos criterios, según el elemento ensayado.

El "aislamiento térmico" es considerado como satisfactorio mientras que el calentamiento de la cara no expuesta no pase de 140° C. de media, sin alcanzar en algún punto 180° C.

La "estanqueidad a las llamas" es apreciada con la ayuda de una tela de algodón, que no debe inflamarse incluso si el horno está en sobrepresión, colocada a 2 ó 3 cm. de las fendas u orificios eventuales que hubiere.

Es necesario igualmente que los gases emitidos fuera de la cara no expuesta, no se inflamen al aproximarse una llama cualquiera y no continúen ardiendo durante más de 20 segundos.

Los elementos resistentes al fuego se clasifican en tres categorías definidas a continuación:

— Elementos "estables al fuego", son aquéllos para los cuales sólo es requerido el criterio "resistencia mecánica".

— Elementos "para-llamas", son los que requieren los criterios siguientes: "estanqueidad a las llamas", "ausencia de emisión de gases inflamables" y "resistencia mecánica".

— Elementos "corta-fuego" son los que requieren la totalidad de los criterios antes mencionados.

Ciertos elementos se pueden clasificar a la vez en varias categorías.

Así una puerta puede ser clasificada como P. F. (caso de puertas metálicas o de vidrio), como C. F. (caso general de puertas de madera o derivados) o como los dos a la vez.

Se diría por ejemplo que tal puerta es "para-llamas de grado 1 hora 1/2" y "corta-fuego de grado 1 hora", si después de una hora de aislamiento térmico, ya no satisface en la media hora siguiente nada más que los otros tres criterios.

### 4.—CLASIFICACION DE ALGUNOS ELEMENTOS DE CONSTRUCCION

Algunos elementos de construcción no pueden ensayarse según los ensayos descritos anteriormente y por este motivo se han definido otros métodos.

Para los tejados se trata de apreciar los peligros de extensión de un incendio por las cubiertas (caso particular de una cubierta de tejas alfáticas o ciertas cubiertas en materia plástica).

#### 4.1.—Clasificación de cubiertas de edificios

Se clasifican las cubiertas com-

hustibiles, según su comportamiento al fuego.

Los ensayos consisten en exponer probetas de 3,00 metros de longitud y 1,50 metros de anchura, inclinadas 30 grados sobre la horizontal, a las radiaciones de cuatro paneles radiantes a propano de  $30 \times 30$  cm.

Por otra parte un ventilador simula la acción de un viento de 10 Km/h. y pavesas incandescentes se colocan en puntos determinados de la cubierta.

Se determinan en el curso del ensayo los siguientes criterios:

1) Tiempo de paso del fuego a través de la cubierta.

2) Velocidad de propagación del fuego sobre la superficie de la cubierta.

El ensayo dura un máximo de 30 minutos.

Siguiendo los resultados de los ensayos, la clasificación de los elementos se expresa por el valor T, indicando el tiempo de paso del fuego a través del elemento y el índice de propagación del fuego en superficie. Este índice se expresa como la diferencia entre el tiempo  $t_1$  de inicio de la combustión y el tiempo  $t_2$  en que la combustión alcanza la extremidad superior de la probeta.

Se obtienen las **clases** siguientes:

— Clase T30: Cuando el tiempo de paso del fuego es superior a 30 minutos.

— Clase T 15: Cuando el tiempo está comprendido entre 15 y 30 minutos.

— Clase T5: Cuando el tiempo está comprendido entre 5 y 15 minutos.

y los índices de propagación:

— Índice 1: Cuando ( $t_2 - t_1$ ) es superior a 30 minutos.

— Índice 2: Cuando este valor está comprendido entre 10 y 30 minutos.

— Índice 3: Cuando es inferior a 10 minutos.

Así los elementos podrán estar

clasificados en uno de los nueve grupos siguientes:

T 30/1      T 30/2      T 30/3

T 15/1      T 15/2      T 15/3

T 5/1      T 5/2      T 5/3

Se clasifican cuando se han hechos dos ensayos con probetas idénticas.

#### 1.2.—Clasificación de fachadas

Los ensayos de fachadas con ventanas son efectuados en una construcción en dos pisos, llamada LEPIR-2 (Local Experimental para Incendios Reales, en dos pisos):

El ensayo consiste en encender una hoguera en el piso bajo, constituido por una pira de 600 kilos de madera y cuya combustión regulada por un registro, debe permitir seguir la curva normalizada temperatura-tiempo.

La clase de cada pared está definida por un índice.

El índice C, representa la distancia mínima vertical de las partes, no destruidas durante el ensayo, situadas a un lado y otro del techo.

Estos ensayos permiten pues clasificar los materiales y los elementos de construcción en función de su "reacción al fuego", su "resistencia al fuego" o su comportamiento particular en lo que concierne a las cubiertas y fachadas.

La reglamentación deberá imponer que tales materiales o tales elementos de construcción presenten un comportamiento mínimo de "reacción al fuego" o de "estabilidad al fuego".

El control de la "reacción al fuego" persigue limitar los riesgos de incendio generalizado, así como la propagación rápida de las llamas con el fin de evitar el pánico, en particular en los edificios que reciben público. Los revestimientos que esencialmente serán examinados son: los murales y los de suelos.

El control de la "resistencia al fuego", tendrá esencialmente por objeto, asegurar la estabilidad de las obras. Para ciertos elementos, tales como puertas y tabiques, esta resistencia al fuego, será impuesta para impedir la extensión de un siniestro.

Los ensayos de tejados y fachadas buscan apreciar los peligros de transmisión de fuego de una construcción a otra por los tejados o de un piso a otro por las fachadas.

#### 5.—CONCEPCION DE ELEMENTOS RESISTENTES AL FUEGO

Las industrias de carpintería realizan numerosas obras que deben presentar frente a la acción del fuego ciertas cualidades.

Estas cualidades son o un grado de inflamabilidad o una resistencia al fuego más o menos elevada.

La inflamabilidad afecta esencialmente a los revestimientos de los suelos, muros y techos.

La resistencia al fuego concierne a los elementos de estructura, así como a ciertos componentes, tales como las puertas y los tabiques.

Las fachadas igualmente no deben permitir el paso del fuego de un local ardiendo a otro que esté situado, por lo general, encima.

#### 6.—LOS REVESTIMIENTOS

Deben tener un grado de inflamabilidad limitada: generalmente deben ser "medianamente inflamables", en sus condiciones de puesta en obra, según la legislación francesa. En otros países (Alemania, Inglaterra, Holanda) las legislaciones varían.

#### 7.—REVESTIMIENTOS DE MUROS

Se utiliza a menudo tableros de madera o derivados de madera. De una forma general tableros delgados de un espesor inferior a 10 milímetros se clasifican como "fácilmente inflamables". Los tableros de un espesor superior a 15 mm. se clasifican como "medianamente inflamables".

Entre 10 y 15 mm. los tableros entran en una u otra de estas clases, según su naturaleza, el estado de su superficie, etc.

Estos números están basados en la ley comúnmente admitida de que la velocidad de destrucción en profundidad de materiales leñosos es igual a 0,7 mm. por minuto.

Un ensayo de reacción al fuego que permita caracterizar la inflamabilidad, dura 20 minutos. El material se clasifica como "fácilmente inflamable" si se destruye antes del fin del ensayo. Pero esta generalidad concierne a los tableros tomados aisladamente.

El modo de empleo puede influir enormemente.

Por ejemplo se fabrican muebles de contrachapados resistentes a la quemadura de un cigarrillo. La chapa de madera se ha encolado sobre una chapa metálica (aluminio por ejemplo) que evacua el calor.

El mismo principio es válido para los revestimientos de muros.

Si el revestimiento es fijado sobre rastreles conserva su grado de inflamabilidad; si es colocado directamente sobre el muro su inflamabilidad disminuirá y esta disminución es tanto más sensible cuanto que el material constituyente del muro es mejor conductor del calor. Así un muro de hormigón desnudo es más favorable desde este punto de vista que un muro enlucido de yeso.

Haremos constar que existen cosas que permiten colocar directamente en los muros los tableros. En este caso es preciso conocer el valor del comportamiento al calor de las colas.

Si el tablero está separado de la pared, en cierto momento es atravesado por el fuego y arde entonces por las dos caras. Su combustión es dos veces más rápida. Por esta razón se rellenan los vacíos de un material incombustible tal como la lana de vidrio y los rastreles son preferentemente de madera dura.

## 8.—LA IGNIFUGACION

Con la ignifugación se trata de retardar la inflamación y la propagación de la llama. Esta protección puede ser conferida, sea por tratamiento interno, sea por aplicación en superficie de productos especiales.

Los productos son muy numero-

sos como su modo de empleo, pero no es esto lo que más importa aquí.

Estos productos tratan de modificar el curso de las reacciones en cadena que se producen en el momento de la destrucción pirolítica de la celulosa de forma que no se produzcan ya gases inflamables ni resinas.

Los geles ignífugos llevan un ácido o una base fuerte unida a una base o a un ácido débil y son generalmente disociables a una temperatura inferior al umbral de carbonización. Son cloruros sulfatos y fosfatos amoniacales, borax y carbonato de sodio, cloruros de zinc o aluminio.

Muy a menudo estos productos son higroscópicos y mantienen a la madera a una humedad elevada. Por lo tanto se les debe asociar a productos fungicidas para prevenir los ataques de hongos.

Ciertos ignífugos pueden emitir productos tóxicos o corrosivos, tales como los clorados. Las cualidades de ignifugación así conferidas son más nocivas que útiles desde el punto de vista de la seguridad humana.

Señalemos el caso de un incendio poco importante, que provocó desprendimiento de ácido clorhídrico. Este ácido llega hasta un ordenador destruyéndolo, teniendo por consecuencia la parada de la producción durante varios meses.

Estos productos son aplicados por impregnación en el interior de un autoclave, lo que no es siempre fácil. Por otra parte las maderas así tratadas son difíciles de trabajar.

Por el contrario, la incorporación en el curso de la fabricación, de productos apropiados, para los tableros de partículas y ciertos tableros de fibras, obtenidos por vía seca, parece muy interesante, tanto desde el punto de vista de la resistencia, como de la reacción al fuego.

Incluso es posible tratar las chapas durante la fabricación de contrachapado, sin entorpecer en nada al encolado.

Se pueden tratar los materiales

leñosos por protecciones superficiales.

Un medio muy simple consiste en enlucir de yeso la pieza a proteger teniendo cuidado de armar el enlucido con un enrejado; método eficaz, pero con el inconveniente de ocultar la madera y favorecer la podredumbre.

Existen igualmente pinturas que se parecen más a revestimientos porque se aplican en capas gruesas. Presentan las mismas ventajas e inconvenientes que el yeso y la elección de tintes es bastante limitada. Por otra parte estas pinturas no resisten la humedad la mayor parte de ellas.

Ciertos barnices y pinturas intumescentes constituidos a menudo por resinas a base de urea formaldehído y de fosfato de amonio son interesantes. Forman, cuando son sometidas a radiaciones caloríficas, especies de merengues aislantes.

Su eficacia se debe a que existen capas de aire sucesivas, sin comunicación entre ellas que limitan los intercambios térmicos por convección.

La ignifugación, cuando se utilizan productos apropiados puede evitar en numerosos casos que una débil fuente de calor, tal como la de una papelería ardiendo o una cortina, inflame los revestimientos inmobiliarios.

En una fase ulterior la ignifugación retarda la propagación de la llama en la superficie y la inflamación de otros paneles.

Este modo de protección es pues susceptible de ofrecer ventajas reales.

Por el contrario cuando el fuego está suficientemente desarrollado, la temperatura es bastante alta para provocar la destrucción de los materiales leñosos. Es aquí cuando la ignifugación tendrá poco efecto sobre la resistencia al fuego. La única ventaja que se puede observar en este caso es que ciertos productos conducen a la formación de una capa de carbón de madera más compacta que protege las capas internas subyacentes.