

# RESPUESTA DE LA MADERA ANTE EL FUEGO EN LA CONSTRUCCION

**Luis Miguel Elvira Martín**

Dr. Ingeniero de Montes  
Jefe del Laboratorio del Fuego  
Departamento de Maderas  
I.N.I.A.

660-3

## Sinopsis

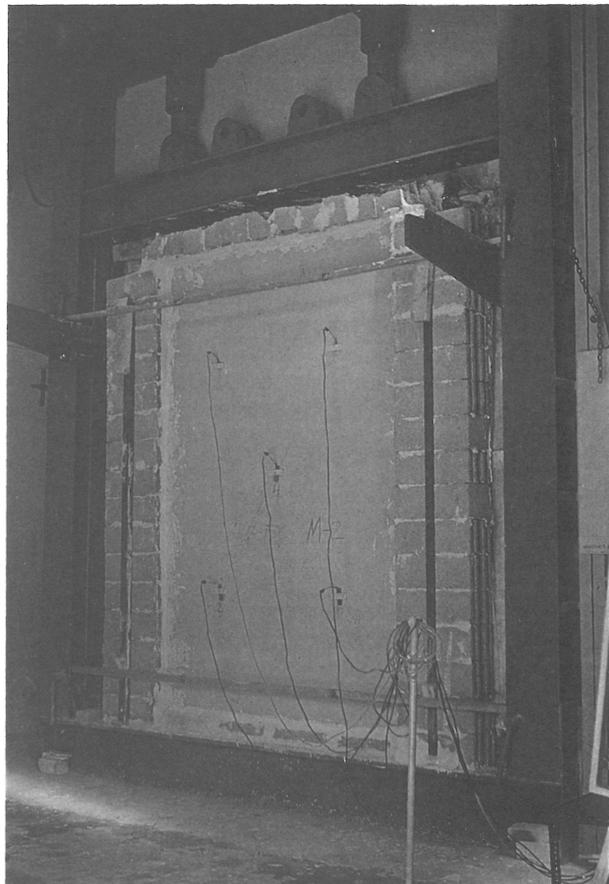
*El presente artículo pretende dar una amplia visión del material madera y de los elementos que la utilizan como materia prima (tableros, puertas, etc.), cuando se encuentran sometidos a la acción del fuego.*

*Se hace un análisis partiendo de la base de realización de ensayos a partir de la Normativa española al respecto, considerando las especies más frecuentemente empleadas en nuestro país, y abarcando los aspectos de duración cortafuegos, estabilidad mecánica sin deformación y estanquidad a las llamas, sin olvidar la emisión de gases inflamables y clasificación frente al fuego.*

*A través de la experiencia que el Laboratorio del Fuego del INIA posee, y que se exponen en esta colaboración, se pueden extraer consecuencias que permitan la utilización de la madera en construcción de una forma más lógica, eliminando algunos prejuicios que existen sobre su naturaleza y comportamiento frente al fuego.*

## 1. CONCEPTOS BASICOS, INCENDIO, REACCION Y RESISTENCIA AL FUEGO

Un incendio es un fuego incontrolado cuya magnitud es consecuencia de los materiales que se encuentran en el edificio y cuya duración es función de los elementos estructurales con que dicho edificio esté construido. De ello se deduce que está condicionado a la calidad frente al fuego de todos los productos y estructuras que lo forman, considerados en conjunto.



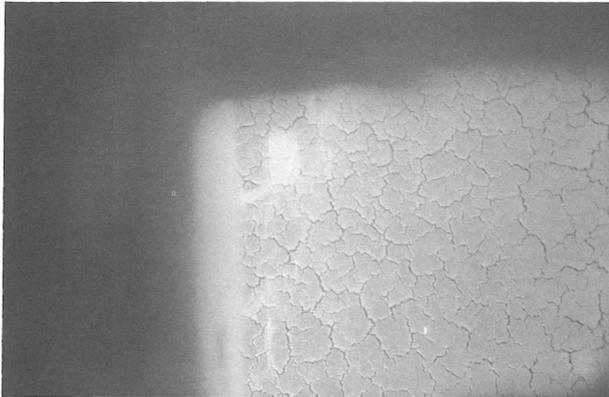
Tablero de partículas de madera antes del ensayo de resistencia al fuego.

La reacción al fuego de cada material es el alimento que puede aportar al fuego y a su desarrollo. De ella dependen directamente la virulencia del incendio, su evolución, el pánico en los habitantes, etc.

La resistencia al fuego de una estructura es el tiempo que ésta se mantiene cumpliendo su función al ser atacada por el fuego. Representa el tiempo de que se dispone para huida y salvamento de bienes en razón a esa estructura.

El grado de reacción y de resistencia al fuego de un material o estructura miden su comportamiento al fuego, siendo el incendio el conjunto de los cuantos materiales y estructuras existan afectadas por aquél.

La reacción al fuego es importante al principio del incendio. Si es alta éste se iniciará fácilmente y se desarrollará de forma rápida. Habrá que redu-



Tablero de partículas durante el ensayo. Cese de la inflamación y formación de capa protectora de carbón.

circa en este caso mediante ignifugantes o evitando la colocación de materiales tan reactivos.

En la fase de desarrollo del incendio influyen tanto la reacción como la resistencia, pues aquella violencia puede ser frenada por la existencia de comportamientos estancos al fuego construidos con estructuras de alta resistencia al mismo, puertas y tabiques cortafuegos, etc.

En la fase final las estructuras propias del edificio evitarán su derrumbamiento si son muy resistentes al fuego.

## 2. COMPORTAMIENTO AL FUEGO DE LA MADERA, SUS DERIVADOS Y SUS ESTRUCTURAS

La reacción al fuego de un material y también por tanto la de la madera se mide mediante la norma UNE-23-103-73 y que determina si el material es combustible o no, dándole tal clasificación; es decir, si es capaz de mantener fácilmente reacción química con el oxígeno.

Si efectivamente es combustible (y en este caso se encuentra la madera), puede ser más o menos inflamable, por tardar mucho tiempo o poco en iniciarse la llama, desprendiendo calor abundante, llama larga o corta, etc. En este sentido se clasificará en 5 clases, desde M-1 a M-5 en inflamabilidad creciente y de acuerdo con la Norma UNE 23-721.

En cuanto a la resistencia al fuego se utilizan las normas UNE-23.093 para estructuras en general y las UNE-23-802 para aquellos que cierran huecos (puertas, ventanas, tabiques, etc.) o la UNE 23.803 para estructuras vidriadas.

El comportamiento al fuego de la madera se recoge, comparado con el de otras estructuras, en nuestra obra «Comportamiento al fuego de mate-

riales y estructuras» y su utilización específica en «Criterios de utilización de la madera frente al fuego» de próxima publicación, o bien en la norma DIN-4102 Parte 4, pero tal comportamiento puede resumirse como sigue.

### 2.1. LA MADERA MACIZA

#### 2.1.1. Reacción al fuego

Está fundamentalmente relacionada con su constitución en forma de tubos (vasos o fibras) y con el contenido de humedad.

##### 2.1.1.1. Combustión

Cuando se efectúa en exceso de aire la temperatura de la llama es función de la humedad. Así por ejemplo, en una madera al 15 % de humedad, se tiene una temperatura en llama de 1.150 °C. Si la madera es anhidra, se alcanzan hasta 1.800 °C en la llama. En cualquier caso, la temperatura de llama supera los 1.000 °C. Ello da a la llama un poder de propagación proporcional a su temperatura.



Tablero de partículas. Fin del ensayo con la misma duración CORTAFUEGOS, PARALLAMAS y ESTABLE al fuego. Ausencia de deformaciones, estabilidad de la estructura. Aislamiento térmico hasta el final.

Mientras tanto, la madera se encuentra a una temperatura de 400 a 600 °C por debajo de los cuales no se mantiene ya la combustión viva.

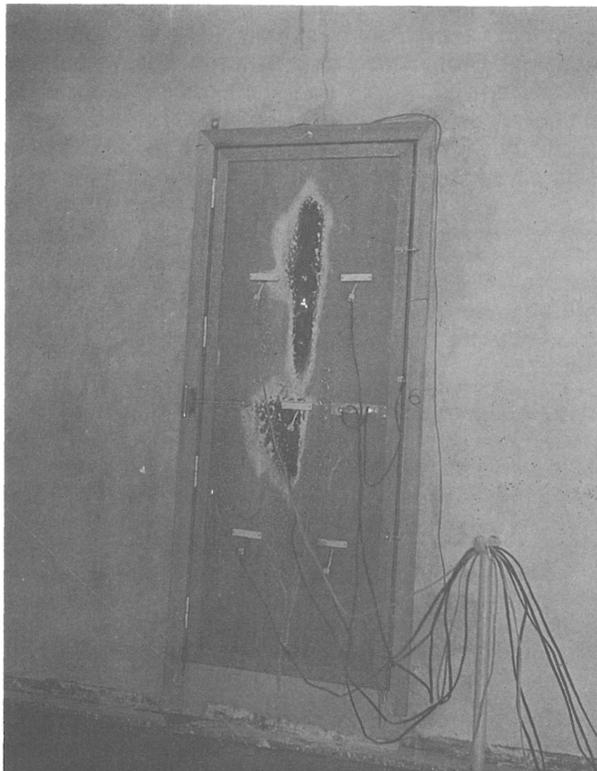
Esto puede ocurrir con exceso o también con defecto de aire. Tal es el caso de una viga gruesa: el carbón superficial hace la combustión interna con defecto de aire, el calor se disipa por convección, la madera en el interior de la viga está a menos de 275 °C y se apaga.

Si la combustión tiene lugar con defecto de aire se desprenden gases en diferentes proporciones CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub> e hidrocarburos.

En una primera fase endotérmica, hasta los 150 °C, la madera absorbe calor que sólo emplea en evaporar el agua y secarse.

De 150 a 280 °C continúa absorbiendo calor y desprende gases alcohólicos y ácidos formados por un 30 % de CO (combustible) y un 70 % de CO<sub>2</sub> (incombustible). La madera presenta, en esta fase, un color marrón.

De 280 a 380 °C la combustión se hace exotérmica, la madera desprende calor y gases abundan-



*Resistencia al fuego de una puerta de madera. Estanqueidad hasta el final del ensayo. Estabilidad total sin deformaciones. Aislamiento térmico hasta el final del ensayo.*

tes, apareciendo los hidrocarburos y disminuyendo el CO<sub>2</sub>. Presenta un color negro achocolatado.

Hacia los 350 °C todos los gases que se desprenden son combustibles, aunque escasos y abundan los hidrocarburos.

Por encima de los 450 °C están presentes el hidrógeno y los hidrocarburos y un residuo de carbón inflamable él mismo.

#### 2.1.1.2. Poder calorífico

El poder calorífico de las fibras de la madera es prácticamente constante, pero las materias contenidas en aquéllas, resinas, taninos y materias extractivas, aumentan o disminuyen dicho poder calorífico. Así, por ejemplo, la resina tiene un poder calorífico de 9.000 a 10.000 cal/gr. (37,7 MJ/kp a 41,9 MJ/kp) y la lignina 6.000 cal/gr.

Según la proporción en que intervienen en la madera, así varía el poder calorífico de ésta, tomando valores comprendidos entre los límites de 2.800 y 5.000 cal/gr. y admitiéndose como valor medio 16,76 MJ/kp (4.000 Kcal/kg).

Otro factor que modifica el poder calorífico es la humedad contenida en la madera, pues como sabemos está en equilibrio con las condiciones ambientales. Este factor, además influirá en todo el



*Resistencia al fuego de una puerta metálica. Rápidas deformaciones. Pérdida de estanqueidad. Calentamiento en la cara no expuesta.*

proceso de reacción y resistencia al fuego y, por lo tanto, es preciso citar la humedad a que se encuentra. Así, 1 kg. de madera al 12 % de humedad tiene un poder calorífico superior, igual al de 900 gr. de madera seca. Por todo ello, se comprende que el poder calorífico de una misma especie es variable incluso si la madera es anhidra.

Las maderas densas tienen más p.c.s. que las ligeras, pero si éstas tienen, como es frecuente, sustancias extractivas, ellas elevan a aquél y en definitiva pueden tener p.c. parecido; sin embargo, la madera densa arderá más despacio.

### 2.1.1.3. Inflamabilidad

La inflamabilidad es la facilidad que tiene un combustible para poder emitir gases que se inflaman. Es evidentemente función de:

- 1.º De la posibilidad de que estos gases puedan salir al exterior al aportar calor.
- 2.º Del flujo del calor que es necesario aportar al material para que esto ocurra.
- 3.º Del punto de inflamación del material, entendiéndose por tal la temperatura a la cual el combustible emite gases capaces de inflamarse con una chispa o llama.

En el caso de la madera, estos gases son hidrocarburos en su mayoría.

Se admite como punto de inflamación los 275 °C, sin embargo, no es fijo, pesando fuertemente la especie.

Al principio de la combustión el calor aportado a la madera se emplea en evaporar el agua de la misma, produciéndose un efecto de secado, no teniendo lugar la combustión hasta que aquélla esté seca. Con ello se reduce el foco calorífico en la primera fase. El efecto es el mismo que si se arrojase agua al fuego. De aquí se deduce que raras veces es la madera la causa de la iniciación del fuego, salvo en almacenes de serrín, vigas muy secas o en alguna otra ocasión excepcional.

De la misma forma actúa la humedad ambiente, pues ya sabemos que cada especie tiene un contenido de humedad, en equilibrio con el de la atmósfera y aquélla hace incombustible a la madera, empleando el calor recibido en evaporar el contenido de agua en vez de producir calor.

La especie de madera influye fuertemente en la inflamabilidad. Las especies más ligeras al contener un volumen grande de poros, ofrecen gran libertad a los gases para su desprendimiento. Dichos gases, en su mayoría inflamables, provocan rápidamente las llamas. Por ello, el roble se inflama menos que el abeto o el chopo.

La forma de emplear la madera, el estado del material y la humedad ambiente son también factores decisivos para la inflamación. Así, por ejemplo,

un parquet tendrá distinta inflamación según el tipo de solera sobre el que esté colocado, el tipo de cola, etc. La superficie rugosa y con algunos ángulos agudos, la favorecen; un caso extremo es el del serrín (superf/Vol grande) o polvo de madera, en el cual la inflamación se efectúa en cadena y da lugar a una explosión. El caso opuesto es el de las vigas en que por ser elementos gruesos la inflamación es superficial.

Los taninos y resinas además de aumentar el poder calorífico, aumentan la inflamabilidad de la madera y en conjunto todas estas variables citadas hacen difícil de predecir y comparar la inflamabilidad de las distintas especies, hablando de forma general.

La madera es, por tanto, combustible e inflamable en estado natural, pero puede eliminarse esta inflamación totalmente, mediante tratamientos ignífugos, teniéndose en definitiva un material de construcción seguro ante el fuego.

### 2.1.1.4. Humos y gases nocivos

La velocidad de combustión y, por tanto, de desprendimiento de los gases tóxicos es el factor que hace a éstos extremadamente peligrosos y causantes de víctimas. En la madera, la velocidad de combustión es lenta y el desprendimiento de CO<sub>2</sub> y CO es proporcional a la temperatura, admitiéndose que los gases, aunque intervenga el CO y CO<sub>2</sub>, son poco peligrosos.

Otros materiales, como los plásticos halogenados, poseen productos de pirólisis o de combustión, análogos a los de otros materiales tradicionales como la madera, pero la velocidad de combustión es rapidísima, por lo que con estos materiales en poco tiempo hay un gran desprendimiento de calor, un empobrecimiento de oxígeno y se desprenden los gases tóxicos antes que en los incendios tradicionales o en los que existe madera. El ambiente letal, la pérdida de conocimiento y el envenenamiento sobrevienen mucho antes.

Si, además, como en los plásticos clorados (PVC), se desprende en la combustión el ácido clorhídrico con un doble efecto, acción corrosiva y excitante pulmonar provocador de hemorragias y en otros el ácido cianhídrico (CNH), también corrosivo, hace, con razón, a estos productos plásticos unos de los más discutidos en su empleo ante el fuego.

Se comprende fácilmente que una norma de toxicidad que sólo valore el porcentaje o composición química de los humos, no es válida en absoluto; debe considerar también la velocidad de desprendimiento de los mismos, de lo contrario, llevaría a ensayos con resultados aproximados en los incendios con materiales clásicos y totalmente falsos en aquéllos donde el combustible sea materia plástica, que modernamente son tan frecuentes.

**CUADRO 1**  
Poder calorífico inferior de la madera anhidra de algunas especies

E S P E C I E		P.C.I. (kcal/kg) H = 0 %	
NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE VULGAR	MADERA	LEÑA
<b>CONIFERAS</b>			
Abies alba Mill	Abeto blanco, pinabete.	4.739	4.449
Picea excelsa Link.	Abeto rojo.	4.604	4.323
Pinus halepensis Mill.	Pino carrasco.	4.650	4.366
Pinus nigra Asn.	Pino laricio.	4.890	4.592
Pinus pinaster Ast.	Pino rodeno, P. negral.	4.843	4.547
Pinus sylvestris L.	Pino silvestre, P. de Valsain.	4.756	4.465
Pinus strobus L.	Pino de Weymouth.	5.193	4.876
MEDIA		4.811	4.511
<b>FRONDOSAS</b>			
Acer pseudoplatanus L.	Arce blanco.	4.521	4.245
Alnus glutinosa Gaertn.	Aliso.	4.647	4.363
Betula verrucosa Ehrh.	Abedul.	4.802	4.508
Carpinus betulus L.	Carpe.	4.664	4.378
Castanea sativa Mill.	Castaño.	4.761	4.470
Fagus sylvatica L.	Haya.	4.688	4.402
Fraxinus ornus L.	Fresno.	4.634	4.351
Populus nigra L.	Chopo, Alamo negro.	4.474	4.201
Quercus cerris L.	Roble de Turquía.	4.490	4.216
Quercus ilex L.	Encina.	4.570	4.291
Quercus petraea Matts. Lield.	Roble.	4.616	4.334
Quercus robur L.	Roble, carvallo.	4.452	4.179
Ribinia pseudoacacia L.	Falsa acacia.	4.798	4.258
Tilia sp.	Tilo.	4.765	4.474
Salix alba L.	Sauce blanco.	4.348	4.082
Ulmus minor Mill.	Olmo.	4.707	4.419
MEDIA		4.621	4.323
Briquetas de madera, H = 0 %			4.761
Lignina, H = 0 %			6.159
Celulosa H = 0 %			4.185
FUENTE: H.G. BERTRAND (CTB), R. VELEZ (AITIM), INIA (DEPARTAMENTO MADERAS)			

**CUADRO 2**  
Reacción al fuego de maderas comerciales nacionales sin ignífugar

Nº	Especie	Indices				Clasi- fica- ción	Humed. %	Fron- dosa y Conifera	Espesor mm	Tabla o Tablón	Observaciones
		i	s	h	c						
1	Pinus Pinaster Art. (Pino rodeno, P. negral)	2,3	4,25	1,5	4,77	M-4	11,5	Conifera	27	Tabla	No se extingue
2	Pino sylvestre L. (Pino silvestre)	0,92	4,46	1,8	14,8	M-4	14,4	Conifera	67	Tablón	No se extingue
3	Fagus silvatica L. (Haya)	0,96	5,06	1,5	5,58	M-4	11,0	Fron- dosa	40	Tablón	No se extingue
4	Fagus sylvatica L. (Haya)	1,1	5,55	1,8	7,53	M-4	11,2	Fron- dosa	27	Tabla	No se extingue
5	Quercus Robur L. (Roble, carvallo)	1,1	2,55	1,3	2,16	M-3	17,8	Fron- dosa	70	Tablón	
6	Populus sp. (Chopo)	2,8	4,15	1,8	7,77	M-4	12,8	Fron- dosa	70	Tablón	No se extingue

FUENTE: INIA (DEPARTAMENTO MADERAS)

## 2.1.2. Resistencia al fuego

### 2.1.2.1. Estabilidad mecánica

La madera sin ignifugar hemos visto que tiene mala reacción al fuego, aunque los ignifugantes la reducen. Sin embargo, tiene una alta resistencia al fuego, pudiendo contener el incendio y mantener en pie las partes del edificio mientras se desaloja. Con razón, si bien es el combustible más antiguo, también lo es como material de construcción. Este efecto lo conocen perfectamente los bomberos y prefieren actuar en incendios de edificios con estructura de madera a los que la tienen de hierro u hormigón. La razón de ello estriba, principalmente, en las siguientes propiedades de la madera:

1. El coeficiente de conductibilidad calorífica de las fibras es muy pequeño y la transmisión de calor al interior de la madera es cada vez más lento y difícil en profundidad.
2. La madera es un material higroscópico. El agua contenida en la misma absorbe calor de evaporación y ésta no entra en combustión hasta que está seca. El tiempo que se emplea en ello es tiempo que se gana en resistencia al fuego.
3. El espesor de las piezas o elementos es otro factor favorable. En las vigas o elementos gruesos la madera comienza ardiendo superficialmente después de haber ganado tiempo hasta su secado. El carbón formado en la superficie sirve de protección a la parte interna que dada la baja conductibilidad térmica permanece intacta.

En estas condiciones se produce una disminución de la resistencia mecánica de la pieza por haberse reducido la sección útil, pero como por otra parte la madera seca gana en resistencia mecánica, este último aumento es superior ligeramente a la pérdida por sección, generalmente.

### 2.1.2.2. Estanqueidad a las llamas

La estanqueidad a las llamas presenta una gran variabilidad, según los materiales de que se trate, incluso en la madera, ofreciendo valores muy altos en algunas maderas sin ignifugar.

El fallo de la resistencia al fuego por estanqueidad de los elementos de madera, se pone de manifiesto en aquellos elementos de cierre de huecos (puertas, ventanas, etc.).

Se admite que la velocidad de penetración del fuego en la madera es de 0,7 mm/min., despreciando los 3 primeros mm de formación de carbón.

### 2.1.2.3. Emisión de gases inflamables

Aunque la madera hemos visto que emite gases inflamables (hidrocarburos), lo hace por la cara expuesta, ya que la transmisión de calor a la cara externa es muy débil. No suele, por tanto, observarse este efecto.

### 2.1.2.4. Aislamiento térmico

En el caso que nos ocupa de la madera, al ser baja la conductibilidad térmica, el fuego en la cara expuesta no suele ser capaz de calentar la otra cara. Se tiene, pues, un excelente aislante que facilita la lucha contra el incendio.

CUADRO 3

Comparación de la resistencia al fuego de pilares de roble y de acero (Ensayos del Centre Technique du Bois)

MATERIAL	Tiempo de resistencia al fuego Carga 10 t	
	Pilares roble de 15x15x230 cm	Pilares acero de 15x15x230 cm
Sin recubrimiento .....	52 minutos	8-10 minutos
Recubiertos con 1 cm de yeso .....	81 minutos	60-69 minutos
Recubiertos con 2 cm de yeso .....	118 minutos	84-95 minutos

CUADRO 4

Resistencia al fuego de diferentes especies de madera (no ignifugas)

(Nombre científico)	(Nombre vulgar)
<b>— Resistencia al fuego muy elevada:</b>	
Eucalyptus diversicolor F.V.M.	Kerri.
Eucalyptus marginata Sm.	Jarrah.
Mora excelsa Benth.	Mora.
Ocotea rodiazi Mez.	Greenhort.
Tectona grandis L.f.	Teca.
Terminalia obovata Standl.	Palo amarillo.
<b>— Resistencia al fuego elevada:</b>	
Acer pseudoplatanus L.	Arce blanco.
Carpinus betulus L.	Carpe.
Castanea sativa Mill.	Castaño.
Fagus sylvática L.	Haya.
Fraxinus excelsior L.	Fresno.
Pinus pinaster Ait.	Pino rodeno, P. negral.
Quercus cerris L.	Roble de Turquía.
Quercus robur L.	Roble, Carvalho.
Robinia pseudoacacia L.	Falsa acacia.
Taxus baccata L.	Tejo.

<b>— Resistencia al fuego mediana:</b>	
Betula pubescens Ehrh Chamaecyparis lawsoniana Pard. Khaya ivorensis A. Chev.	Abedul. Ciprés de Lawon. Samanguilla, caoba africana. Alerce.
Larix sp. Alerce Pinus sylvestris L.	Pino silvestre. P. de Valsain.
Quercus alba L. Swietenia macrophylla King Thuja plicata D. Don Ulmus glabra Huds	Roble. Caoba americana. Cedro rojo del Pacífico. Olmo de montaña.
<b>— Resistencia al fuego baja:</b>	
Aesculus hippocatanum L. Juplans regia L. Picea excelsa Link Prunus avium L. Sequoia sempervirens Endl.	Castaño de India. Nogal. Abeto rojo. Cerezo. Sequoia
<b>— Resistencia al fuego muy baja:</b>	
Abies alba Mill. Alnus glutinosa Gaertrn. Populus sp. Tilia europaea L. Triplachiton scleroxylon K. Schum. Ulmus procera Salisb.	Abeto blanco, pinabete. Aliso. Chopo. Tilo.  Obeche, Samba. Olmo.
<b>— Resistencia al fuego extraordinariamente baja:</b>	
Ochroma sp.	Balsa.

## 2.2. EL TABLERO CONTRACHAPADO Y MADERA LAMINADA

Los tableros contrachapados ofrecen dificultad al paso del calor por la diferente constitución de las capas de madera y proporcionan una resistencia al fuego buena, incluso a veces mayor que la de la madera maciza, siendo función del grosor y del tipo de cola.

Al ser atacada la madera encolada por el fuego, puede producirse un desencolado que divida el material y facilite la propagación y penetración de las llamas, si la cola no es termoestable. Por el contrario, la cola de resorcina formol proporciona una alta resistencia al fuego por mantener unidas las partes quemadas.

Los tableros que emplean colas de contacto se separan en sus elementos integrantes a bajas temperaturas, facilitando a la vez la propagación de las llamas.

Sin embargo, ciertas colas de contacto fabricadas a base de caucho sintético o natural, son capaces de recibir endurecedores que aumentan la temperatura de desencolado y con ello la resistencia al fuego de elementos que las emplean.

Con mucho aventajan a éstas las citadas colas de resorcina, que mantienen unido el carbón a la capa de madera no quemada. Este actúa de protector como en la madera maciza.

Además del tipo de cola, las técnicas de secado y encolado de la madera, las cargas utilizadas y la dosificación de cola influyen en la resistencia al fuego de este tipo de tablero.

A continuación exponemos los Cuadros 5 y 6, que corresponden a experiencias efectuadas por el CTB de París con colas que, junto con las citadas anteriormente, también pueden emplearse con éxito ante el fuego.

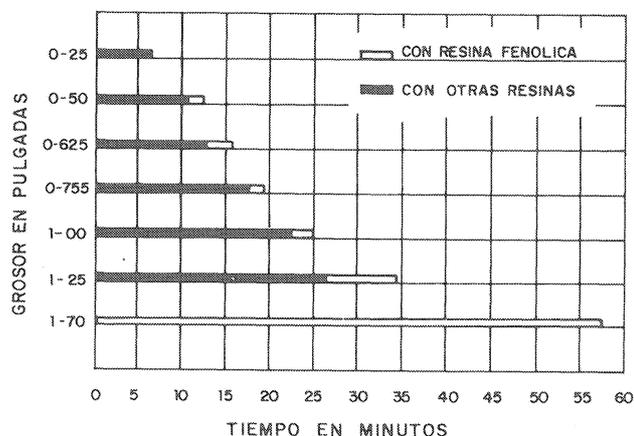
CUADRO 5

Comparación de los efectos del fuego, después de 35 min. en madera laminada y madera maciza (Centre Technique du Bois)

Materiales	Grosor de las capas	Cola	% de la sección destruido por el fuego
Madera maciza (Testigo)			52%
Madera laminada	10 mm	Resorcina	49%
Madera laminada	10 mm	Caseina	63%
Madera laminada	10 mm	Urea formol	63%
Madera laminada	17 mm	Urea formol	54%

CUADRO 6

Resistencia al fuego de los tableros contrachapados según su grosor y según el tipo de cola



Estos tableros, así como los de partículas, son ideales para la construcción de tabiques y muros, por la ausencia y reducción de juntas y por su regularidad de carbonización, pudiéndose combinar con cemento, amianto y materiales diversos.

El tablero contrachapado se utiliza también combinado con diversos tipos de resinas para su uso en pavimentos, presentando una gran dureza y resistencia a la fricción.

La velocidad de perforación es, frecuentemente, de 0,55 mm/min., inferior a la de la madera (0,7 mm/min.).

## 2.3. EL TABLERO AGLOMERADO DE PARTICULAS

### 2.3.1. Reacción al fuego

Los tableros de partículas están constituidos por trozos de madera de muy poco espesor, procedentes de la fragmentación de la misma, secados hasta una cierta humedad, generalmente baja y encolados por pulverización de cola de resina sintética. La mezcla obtenida se prensa a alta temperatura, que asegura la polimerización de las resinas termoendurecibles. En el proceso de fabricación pueden introducirse distintos aditivos y productos ignífugos, consiguiéndose un tratamiento profundo y duradero. Pueden ignifugarse también por aplicaciones en superficie, pero en este caso debe renovarse el tratamiento periódicamente.

Se trata, pues, de un material muy elaborado y homogéneo, muy adecuado a todos los usos de la construcción, con características frente al fuego muy similares a las de la madera maciza y a veces superiores, pues presentan la ventaja sobre ésta de formar piezas de gran superficie, con ausencia de juntas, circunstancia ésta, que es importante para asegurar una resistencia al fuego alta.

Su poder calorífico es ligeramente inferior al de la madera y menor aún en los tableros ignifugados. Hemos obtenido 4.101 kcal/kg para tablero comercial normal de clase M-4 y para el tablero ignífugo de clase M-1, 3.409 kcal/kg, llegándose a 2.924 kcal/kg para el tablero M-1 de resistencia mecánica normal.

La clasificación según Norma UNE-23.103 le sitúa como COMBUSTIBLE incluso si está ignifugado, pudiendo, en este caso, ser M-1 NO INFLAMABLE.

El espesor del tablero influye no sólo en su resistencia al fuego como en otros materiales, sino en su reacción por ser un derivado de la madera y por regla general se considera que espesores infe-

riores a 14 mm se obtiene clasificación M-4 en tableros sin ignifugar, siendo generalmente de clase M-3 los de espesores superiores a 14 mm.

Los tableros ignifugados en su masa obtienen clasificaciones M-1 y M-2, según la intensidad y tipo de tratamiento.

La ignifugación en masa puede no alterar las propiedades del tablero. Tampoco deben alterarse su humedad, ni la presentación de la superficie, dándole una duración de 10 años al poder ignifugante.

La ignifugación artificial, con pinturas y barnices ignífugos, permiten seguir manteniendo la clasificación inicial del tablero o incluso mejorarla dándole generalmente una validez de ignifugación de 3 años.

Los tableros de más de 14 mm con distintos acabados plásticos ofrecen reacciones de M-4, dando también M-4 sin el recubrimiento. Lo que sí hemos encontrado es que los recubrimientos aumentan ligeramente la resistencia al fuego del tablero base.

Los gases y humos desprendidos son muy volátiles, poco tóxicos y presentan la ventaja, por ello, de servir de detectores del incendio, de tal forma que el tablero de partículas, si se respetan las normas adecuadas de puesta en obra e ignifugación, no es causante de origen ni extensión del incendio. Muchas veces, las víctimas en los incendios no deben atribuirse a los materiales, sino al incorrecto comportamiento de las personas frente al fuego.

Debido a los espesores relativamente gruesos, estos tableros de partículas suelen emplearse sin ignifugar y solamente en casos especiales, cuando se exigen prescripciones severas, se usan de clases M-1 y M-2.

### 2.3.2. Resistencia al fuego

La estabilidad mecánica es excelente, el tablero se alabea poco y va perdiendo sus partículas a medida que es atacado por el fuego, pero sus variaciones dimensionales son muy pequeñas.

El paso de la llama es regular, con un avance que se calcula en 0,7 mm/min. como en la madera.

Respecto a los gases inflamables, deben tenerse iguales precauciones que en la madera, no desprendiéndose por la cara no expuesta gracias al poder aislante del tablero, excepto cuando éste está encerrado dentro de un elemento que se ensaye y del cual forme parte como alma.

El aislamiento térmico es excelente y gracias a él dichos tableros se utilizan como alma en la fabri-

CUADRO 7

## Resistencia al fuego de maderas comerciales españolas, montadas con uniones simples sin tapamiento

N.º	E S P E C I E	Clasificación (mín.) RF		Humedad	Froncosa o Conifera	Espesor mm	Tabla o Tablón	Observ.	T. ambiente	Causa del fallo	Vel/ perf. mm/min.
		Corta-fuegos	Para-llamas								
1	Pinus pinaster Ait. (P. ródano. P. negral)	32	32	11,5	Conif.	27	Tabla	t <sub>m</sub> = 45° T <sub>M</sub> = 65°	20°	Paso de llama	0,75
2	Pinus sylvestris L. (Pino silvestre)	75	75	14,4	Conif.	67	Tablón		20°	Paso de llama	0,85
3	Fagus silvática L. (Haya)	47	47	11,0	Frondos.	40	Tablón		22°	Paso de llama	0,78
4	Fagus silvática L. (Haya).	38	38	11,2	Frondos.	27	Tabla	t <sub>m</sub> = 36° T <sub>M</sub> = 50°	23°	Paso de llama	0,7
5	Quercus robur L. (Roble, carvalho)	124	124	17,8	Frondos.	70	Tablón		20°	Paso de llama	0,54
6	Populus sp. (Chopo).	65	65	12,8	Frondos.	70	Tablón		20°	Paso de llama	1,03

CUADRO 8

## Resistencia al fuego de tableros de partículas sin ignífugar

Espesor (mm)	Sin ignífugar RF (mín.)
8 — 15	7 — 20
15 — 22	15 — 30
22 — 30	25 — 40
30 — 50	40 — 70
50 — 80	60 — 115

FUENTE: INIA (DEPARTAMENTO DE MADERAS).

cación de puertas con gran duración cortafuegos. En este aspecto la cota máxima exigida por temperatura en la cara no expuesta está asegurada y las variaciones dimensionales de la puerta son prácticamente despreciables.

Se pueden dar, en general, los siguientes valores de resistencia al fuego para tableros sin ignífugar, obtenidos con un total de 20 tableros de tipo normal (cuadro 8).

## 2.3.3. Utilización del tablero

Por sus propiedades mecánicas y de manipulación su empleo se extiende a múltiples usos de la edificación, admitiendo recubrimientos de gran belle-

CUADRO 9

## Reacción y resistencia al fuego de tableros de fibra

Espesor mm.	Humedad %	Índices				CLASIFICACION		Duración de la combustión viva en la cara exp.	Veloc. de propagación de la llama	
		l	s	h	c	Reacción	Resistencia (min)		A través	En superficie
10	6,1	1,22	2,11	2,06	4,65	M-4	14	4 min. 15 seg.	0,71	< 0,2 cm /seg.
16,5	6,0	1,23	3,05	2,00	5,25	M-4	25	7 min. 12 seg.	0,66	»
19,3	6,3	1,37	3,70	2,25	5,78	M-4	30'20"	7 min. 57 seg.	0,63	»
25	6,2	1,48	4,64	2,00	4,05	M-4	34'36"	12 min. 30 seg.	0,72	»
30,3	6,9	1,12	5,46	2,00	7,26	M-4	45'18"	14 min. 3 seg.	0,67	»
35	6,2	1,16	5,32	2,00	5,38	M-4	58	15 min. 12 seg.	0,60	»
40,3	6,0	1,39	7,26	2,00	6,57	M-4	62	22 min. 15 seg.	0,65	»

FUENTE: INIA (DEPARTAMENTO DE MADERAS).

za, con ventaja sobre la madera maciza por no presentar excesivo número de juntas.

Su utilización en tabiques fijos y móviles es excelente, empleándose ellos solos o combinados con otros materiales en espesores desde 19 a 80 mm, con resistencia al fuego de cerca de 2 h, pudiendo ser decorativo, aislante térmico y fónico. Incluso si el tablero está ignifugado (M-1 o M-2) permite embellecer la superficie.

Sobre su empleo en fabricación de puertas ya hemos hablado y en su puesta en obra deben seguirse las mismas reglas generales que para la madera.

En cualquiera de estas utilizaciones la resistencia al fuego se ve disminuida notablemente si existen juntas, por lo que es preciso cuidar éstas con detalle en los ensambles y ajustes. Los zócalos, viguetas y uniones deben tener, como es lógico, una resistencia al fuego igual o superior al tablero.

#### 2.4. EL TABLERO DE FIBRA

El comportamiento al fuego y utilización de este tipo de tableros son muy similares a los de los tableros de partículas, pero su mayor finura en la composición del material base hace que su reacción al fuego sea más alta que en el de partículas, rayando con la Clase M-5, aunque sin llegar a ella.

Se han ensayado tableros de varios espesores, sin ignifugar, arrojando los resultados siguientes del Cuadro 9. Se observa una velocidad de paso de llama a través del tablero de 0,66 mm/min. que mantiene la constante de los elementos de madera, si bien en este caso la formación de capa de carbón superficial es más débil.

#### 2.5. PUERTAS DE MADERA Y DERIVADOS

En las puertas de madera, por ser ésta muy aislante, el grado para llamas y el cortafuegos son prácticamente los mismos. Esto no ocurre con las metálicas, que si no están especialmente diseñadas no pueden pasar de algunos minutos cortafuegos.

Una puerta plana de las que se utilizan normalmente en el interior de nuestras viviendas, con

materias sin tratar, ni holguras protegidas, construida con las dos caras de tablero de fibra o contrachapado y alma de sandwich de cartón, no aguanta el incendio más que apenas 5 u 8 mm. Los tableros con que están construidas, así como los que constituyen las mamparas de separación de edificios poseen una reacción al fuego desfavorable, pues el tablero contrachapado de las superficies es extremadamente delgado y el alma de cartón es muy inflamable.

A estas puertas planas es suficiente con exigirles 1/4 h, o a lo sumo 1/2 h de resistencia, dada la función que cumplen en el edificio.

Para conseguir el mínimo exigido de 1/4 h es preciso fabricar puertas de tablero de partículas normal con marcos o chasis de madera. Este tipo de tablero ya hemos visto que ralentiza la transmisión de calor y con ellos pueda llegarse hasta resistencias de 1 h.

La obtención de una puerta de madera de 30 min. cortafuegos no tiene ninguna dificultad si se cuidan los herrajes y cierre térmico de las cerraduras. Para esta resistencia puede montarse ya un umbral o larguero que regule la holgura con el borde inferior del chasis de la puerta, fijándolo en 2 ó 3 mm, si bien este elemento no es siempre aconsejable.

Resistencia cortafuegos de 1/2 a 1 h precisan mejorar el chasis de la puerta y el marco y si se quiere llegar a 1 1/2 h se requieren diseños especiales o madera ignifugada o barnices ignífugos en la hoja con marcos y chasis cuidados detalladamente y emplear, también, combinados con la madera, tableros de amianto-cemento o similares. El espesor del chasis no debe ser inferior a 60 milímetros sobre todo el inferior, cercano al suelo.

Es preciso, como vemos, operar con los materiales base de madera ignifugados o tratados, con los cuales la resistencia al fuego de este tipo de puertas supera, fácilmente, a la resistencia de puertas metálicas. Estas no pueden competir en ningún caso y en cuanto se refiere a resistencia al fuego, con las puertas de madera, a poco que en éstas se cuide el diseño. Por otra parte, el coste de fabricación de una puerta cortafuegos de madera es aproximadamente la sexta parte de una metálica del mismo tiempo parallamas, y en esta última ese tiempo cortafuegos es muy difícil conseguirlo.

