

## **“Protección por diseño para prevención de incendios en la construcción con madera”**

### **Contenido:**

<b>I. Objetivo</b>	<b>02</b>
<b>II. Introducción</b>	<b>02</b>
II.a. “Triángulo del fuego”	02
II.b. Fases de un incendio	03
II.c. Propagación del fuego	04
<b>III. Antecedentes</b>	<b>06</b>
<b>IV. Elementos Constructivos</b>	<b>07</b>
IV.a. Comportamiento de piezas estructurales de madera en un incendio	07
IV.b. Verificación al fuego de piezas estructurales de madera	09
IV.c. Protección ante el fuego	10
IV.d. Exigencias de resistencia al fuego de elementos constructivos	12
IV.e. Uniones resistentes al fuego	14
IV.f. Aplicaciones de protección por diseño	14
IV.g. Uso de materiales de construcción no combustibles	17
IV.h. Elementos que conforman la estructura de la vivienda	20
IV.i. Muro Cortafuego	24
<b>V. Pinturas y tratamientos ignífugos</b>	<b>27</b>
V.a. Estabilidad de los materiales de la construcción ante el fuego	28
V.b. Determinación del retardo al fuego	28
V.c. Alcance y campo de aplicación	28
V.d. Tipos de retardantes de fuego y modo de acción	28
V.e. Tipos de Pinturas	29
<b>VI. Instalaciones complementarias de prevención y extinción</b>	<b>31</b>
<b>VII. Conclusiones</b>	<b>33</b>
<b>VIII. Bibliografía</b>	<b>34</b>
<b>IX. Anexos</b>	<b>35</b>

Alumnos:

Bach. Leandro Baptista (CI 3.884.059-9)

Bach. Marcos Ponce (CI 3.927.546-2)

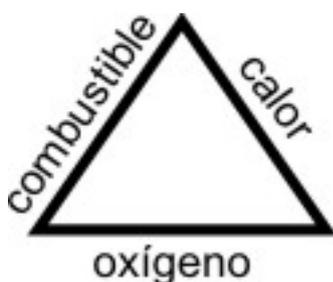
## I. OBJETIVO

Existe en el imaginario colectivo la idea de que una vivienda construida con materiales convencionales como cemento y ladrillos puede tener mejor comportamiento ante el fuego que una vivienda de madera, dado que este último es un material liviano y combustible. Por tanto, se considera generalmente que una vivienda de madera es menos segura y tiene mayor posibilidad de incendiarse. Sin embargo, la probabilidad de que ello ocurra no es mayor en uno ni otro caso. El incendio en una vivienda no comienza porque se trate de una casa con estructura de madera, sino que se produce por una serie de factores independientes de la materialidad de la edificación.

El principal objetivo de este trabajo es investigar elementos y sistemas aplicables en la construcción en madera que ayuden a evitar el inicio y la propagación del fuego.

## II. INTRODUCCIÓN

### II.a. “Triángulo del fuego”



El comienzo de un incendio se produce por la generación del denominado “triángulo del fuego”, compuesto por la acción y presencia de una **f fuente de calor**, **oxígeno** y **combustible**. Si el triángulo está incompleto no puede producirse "fuego". La base sobre lo que se apoya la prevención de un incendio y la lucha contra el mismo consiste en romper este triángulo.

**Fuente de calor:** es lo que genera la temperatura suficiente para iniciar la combustión. En una vivienda puede comenzar por sobrecargas en la instalación eléctrica, falla de artefactos a gas, descuido en la manipulación y ubicación de estufas etc.

**Oxígeno:** presente en el aire que circula por el local. El aire que respiramos está compuesto de 21% de oxígeno. El fuego requiere una atmósfera de por lo menos 16% de oxígeno. El oxígeno es un carburante, es decir que activa la combustión.

**Combustible:** son todos los materiales inflamables o combustibles que existen en el interior de la vivienda, como polímeros, muebles, telas, etc. que constituyen la carga de fuego.

Los elementos componentes del “triángulo del fuego” se encuentran normalmente esparcidos por toda una edificación, pero para que se inicie la combustión es necesario que los materiales combustibles, se vean directamente afectados por altas temperaturas de una fuente de calor y comiencen a generar gases hasta llegar a inflamarse. En consecuencia, para cada material se puede identificar una temperatura de gasificación e ignición, en la que se enciende y propaga llamas. Una vez iniciado, un incendio se desarrolla y propaga a través de los materiales que componen la carga de fuego. En general, un siniestro no se inicia en los materiales que conforman la estructura resistente cuando se utilizan técnicas adecuadas de construcción y materiales resistentes a la acción del fuego.

## **II.b. Fases de un incendio (Fig.1)**

Entre el inicio y el término de un incendio, distinguimos tres fases, que tendrán dependencia directa a la variación de componentes del “triángulo del fuego”. En función de estos, cada una de las fases se produce con mayor o menor velocidad.

Las tres fases que se pueden identificar son:

### **a) Fase de inicio**

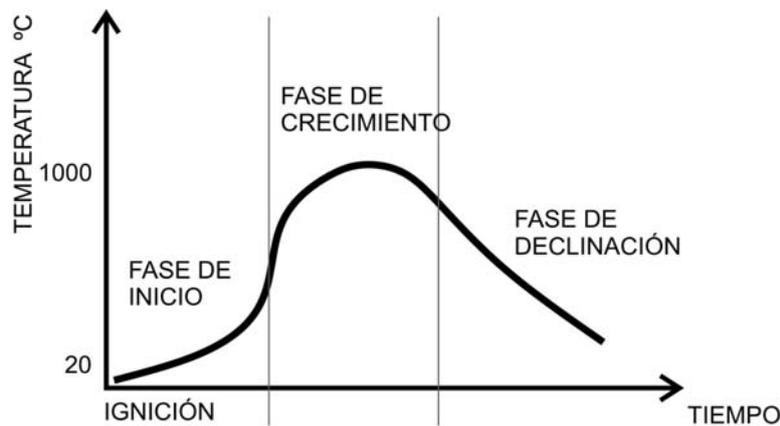
Se trata del inicio localizado de la combustión, cuando alguna zona del recinto o un material comienza a generar gases tóxicos e inflamables, producidos por su cercanía a una fuente de calor. Los gases se acumulan progresivamente en la zona superior del local en que se produce la combustión.

### **b) Fase de crecimiento y desarrollo**

Los gases generados, por un aumento violento de la temperatura, comienzan a inflamarse y a propagar las llamas a otros materiales componentes de la vivienda. En esta fase se desencadena una rápida combustión de los elementos en el interior de la vivienda.

### **c) Fase de declinación**

Es la fase final, la estructura resistente del local ha colapsado y las llamas comienzan a declinar, dado que el material combustible, en general, ha sido consumido.



FASE	INICIO	CRECIMIENTO	DECLINACIÓN
ACCIÓN HUMANA	ESCAPE ASFIXIA	MUERTE	
DETECCIÓN	DETECTORES DE HUMO	HUMO Y FLAMAS EXTERIORES	
PROTECCIÓN ACTIVA	EXTINTORES SPRINKLERS BOMBEROS	SÓLO BOMBEROS	
PROTECCIÓN PASIVA	INFLAMACIÓN SUPERFICIALES	RESIST. AL FUEGO PARALLAMAS COLAPSO	

Fig. 1 – Gráfico de fases de incendio. Fuente: CORMA “La Construcción de Viviendas en Madera”  
Disponibile en [www.cttmadera.cl](http://www.cttmadera.cl)

### II.c. Propagación del fuego

La velocidad de propagación de las llamas (masa de gas ardiente que se produce durante la combustión) tiene un papel preponderante en el avance del fuego; éste puede ocurrir a lo largo de una superficie combustible continua o bien a través de un lecho combustible continuo o discontinuo. La toxicidad de los humos y gases desprendidos es una variable significativa.

\* **Propagación dentro de una habitación:** En este caso es conveniente considerar la propagación del fuego teniendo en cuenta las tres formas de transferencia del calor a partir de una única fuente de combustión ubicada en el piso de una habitación. Inicialmente la convección es la principal forma de transferencia de energía hacia las paredes adyacentes y el cielorraso. El calor se transporta rápidamente a otras partes del ambiente cerrado

permitiendo de esta forma que otras áreas resulten calentadas. La fuente original de fuego también produce transferencia de calor por radiación a los alrededores y ésta a su vez es complementada por la radiación generada por las superficies calentadas previamente por convección. En estas circunstancias, a medida que aumenta la temperatura de la habitación se incrementa la radiación siendo esta transferencia mayor que las aportadas por conducción o convección.

**\*\* Propagación en el interior de un edificio:** Aquí las consideraciones son la propagación de las llamas de una habitación a otra o de un edificio a otro. Se produce la propagación de las llamas por conducción cuando la aislación térmica entre habitaciones es reducida (conducción a través de una pared).

Cuando existen escaleras abiertas, éstas permiten la propagación de las llamas de un piso a otro, fundamentalmente por convección. Se produce la transferencia por radiación entre dos edificios adyacentes a través de las aberturas, puertas y ventanas que permiten poner en contacto un material en combustión con otras superficies combustibles próximas.

### III. ANTECEDENTES

En cada país suelen existir normas que regulan las disposiciones de protección, tanto activas como pasivas. En particular, durante el desarrollo de este trabajo haremos mención principalmente a las normas chilenas (NCh). Además de hacer mención a destacadas empresas e instituciones extranjeras reconocidas internacionalmente, a saber: CORMA (Corporación de la Madera) y ARAUCO; las cuales se han dedicado al estudio de la construcción de vivienda en madera, y su información ha sido de suma utilidad.

#### Normas Chilenas:

**NCh° 934:** Define los fuegos por su naturaleza y utiliza una simbología que permite identificar la clase de fuego y los agentes extintores que se deben usar. Esta clasificación separa los fuegos en cuatro categorías:

**Clase "A":** Son los fuegos que involucran a los materiales orgánicos sólidos, en los que pueden formarse, brasas, por ejemplo, la madera, el papel, la goma, los plásticos y los tejidos.

**Clase "B":** Son los fuegos que involucran a líquidos y sólidos fácilmente fundibles, por ejemplo, el etano, metano, la gasolina, parafina y la cera de parafina.

**Clase "C":** Son los fuegos que involucran a los equipos eléctricos energizados, tales como los electrodomésticos, los interruptores, cajas de fusibles y las herramientas eléctricas.

**Clase "D":** Involucran a ciertos metales combustibles, tales como el magnesio, el titanio, el potasio y el sodio. Estos metales arden a altas temperaturas y exhalan suficiente oxígeno como para mantener la combustión, pueden reaccionar violentamente con el agua u otros químicos, y deben ser manejados con cautela.

TIPOS DE EXTINTORES	
<b>TIPO A</b> .....	
Madera, papel, trapos, etc	
<b>TIPO B</b> .....	
GLP, Gasolina, Pinturas, Thiner	
<b>TIPO C</b> .....	
Equipos electrónicos conectados	
<b>TIPO D</b> .....	
Metales combustibles	

Fig. 2 – Cuadro Tipos de extintores según norma chilena, NCh ° 934.

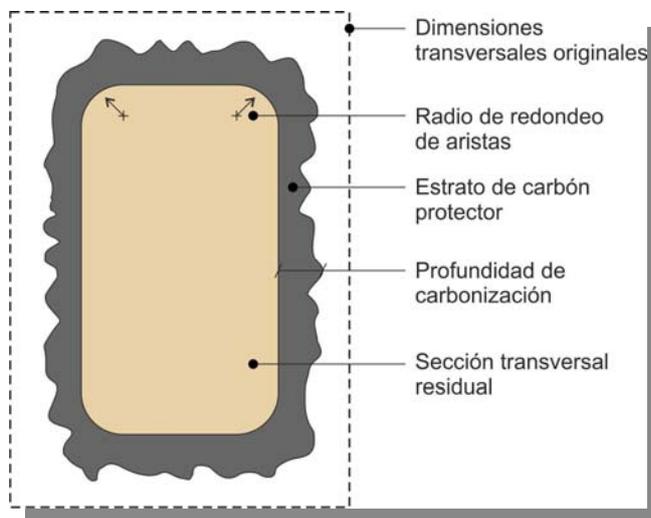
## IV. ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

### IV.a. Comportamiento de piezas estructurales de madera en un incendio

La madera es un material de naturaleza orgánica que al quedar expuesto a temperaturas superiores a 120°C durante períodos de tiempo prolongados puede inflamarse y entrar en combustión, resultando este proceso en la formación de grandes volúmenes de gases inflamables, humo y carbón. En la medida que la intensidad del efecto térmico aumenta, el lapso de tiempo requerido para la inflamación de la madera disminuye, pudiendo producirse una inflamación espontánea de la superficie de madera expuesta ante temperaturas del orden de los 300° C.

La resistencia de la madera en condiciones normales se puede determinar por medio de ensayos o utilizando como punto de partida los valores admisibles definidos para el material en la norma de diseño.

En Chile la derivación de propiedades mecánicas admisibles para los productos estructurales de madera aserrada y madera laminada encolada se basan en la metodología norteamericana (“Resistencia al fuego de materiales”, ASTM D 2458, NDS9) . La resistencia del material se refiere a un nivel que al menos el 95 % de las piezas que se ensayen es capaz de resistir, designada como resistencia característica asociada al percentil del 5%.

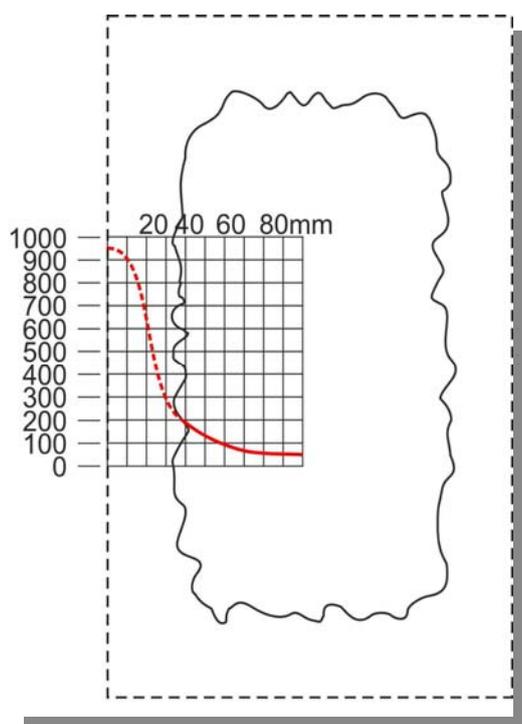


De acuerdo a las normas alemanas DIN 4102, parte II “Comportamiento al Fuego de materiales de construcción” tanto la madera como los elementos de construcción a base de madera se clasifican dentro del grupo B 2, lo que significa “normalmente inflamable”. Más allá de esta clasificación el comportamiento del material aislado en cuanto a su combustibilidad no se condice con el tiempo que pueda resistir la madera ante el ataque del fuego.

Fig. 3 - Características de la madera carbonizada.  
Fuente: “Comportamiento al fuego”. HiLam, ARAUCO.  
Disponible en [www.hilam.cl](http://www.hilam.cl)

La combustión de una sección de madera se efectúa de afuera hacia adentro, e incluso en condiciones de incendio total se hace de manera relativamente lenta y a una velocidad conocida y constante (dependiendo el tipo de madera). La baja transmisión térmica de la madera es un factor determinante al comenzar el proceso de combustión.

Las propiedades de las capas de madera adyacentes al frente de carbonización se ven comprometidos hasta una profundidad de aproximadamente 25 mm. Hacia el interior de la madera no carbonizada las temperaturas se reducen prácticamente a las existentes antes del inicio del incendio, por lo que sus propiedades mecánicas corresponden a un determinado porcentaje del valor de resistencia en un ambiente normal. Esto está determinado por la baja conductividad térmica del carbón.



El carbón genera un estrato que limita, tanto la conducción del calor hacia la madera del interior, como también el paso de los gases inflamables que constituyen el combustible del fuego desde el interior hacia el exterior. De esta forma, pese a ser combustible, la madera puede ser considerada como un material de construcción resistente al fuego.

*Fig.4 - Desarrollo de temperaturas a través de una pieza de madera en combustión*

*Fuente: "Comportamiento al fuego". HiLam, ARAUCO Disponible en [www.hilam.cl](http://www.hilam.cl)*

La eficiente utilización de la madera en construcciones que deben satisfacer exigencias específicas de resistencia al fuego exige conocer la velocidad de avance de la carbonización que experimenta al quedar expuesta a las llamas. Esta velocidad se emplea para calcular las reducciones de las dimensiones de la sección transversal de una pieza durante un incendio (*desarrollado en apartado IV.b. "verificación al fuego de piezas estructurales de madera"*). La carbonización resulta más intensa en la región de las aristas de las piezas, dado que el efecto térmico de las caras convergentes se adiciona en estos sectores, situación que se evidencia a través del redondeo de las aristas.

Si lo comparamos con una pieza de acero sin protección ignífuga, en caso de incendio, el brusco aumento de temperatura produce en el acero una prematura pérdida de resistencia, que puede tener como consecuencia el derrumbamiento de la construcción en un corto lapso de tiempo. Por el contrario los elementos constructivos de madera, a pesar de su combustibilidad y sin protecciones contra incendio adicional, poseen un mayor tiempo de resistencia por lo antes mencionado.

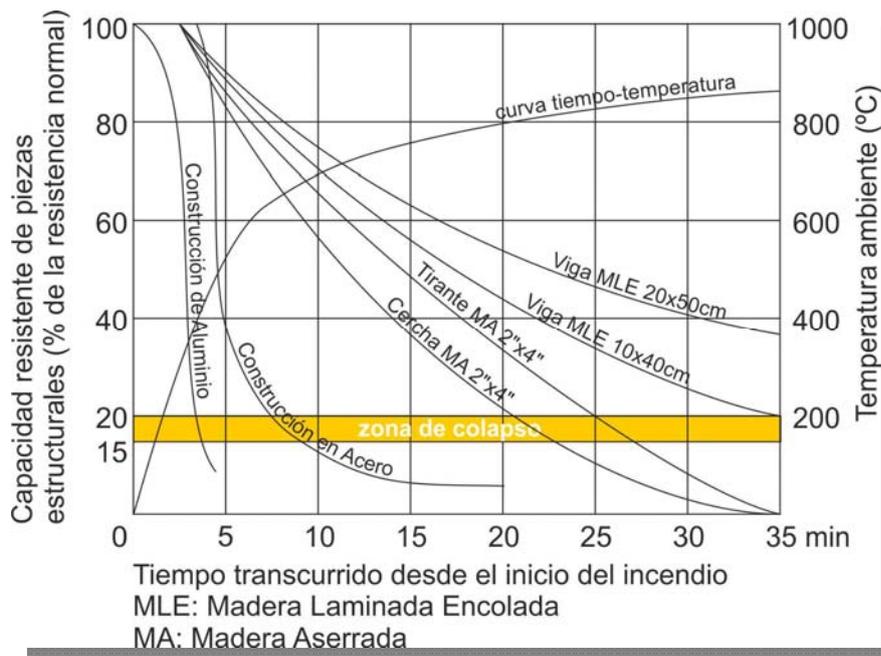


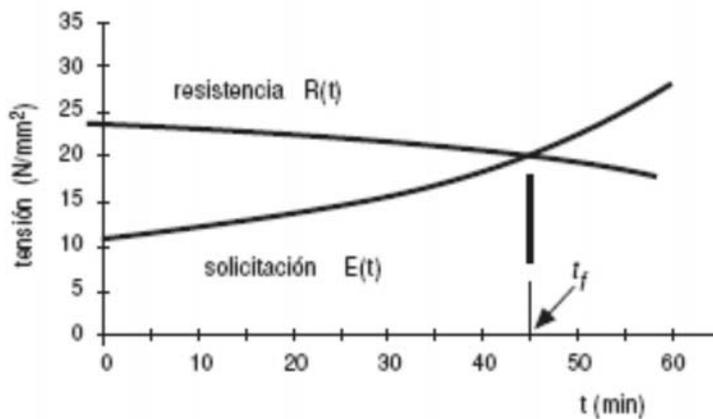
Fig.5 - Comparación de la disminución de resistencias de materiales de construcción ante la presencia de fuego en función de la temperatura y tiempo de exposición.

Fuente: "Comportamiento al fuego". HiLam, ARAUCO  
 Disponible en [www.hilam.cl](http://www.hilam.cl)

#### IV.b. Verificación al fuego de piezas estructurales de madera

En el cálculo de piezas, bajo consideración de una determinada resistencia al fuego, se especifican dimensiones de madera suficientes como para que la sección transversal remanente después de un período de tiempo preestablecido desde el inicio del incendio resulte capaz de resistir las cargas requeridas.

Al realizar una verificación al fuego se deben cuantificar las tensiones inducidas por las solicitaciones,  $E(t)$ , en la sección transversal residual y la resistencia remanente de las piezas de madera,  $R(t)$ , durante la exposición al fuego, de manera de poder estimar el tiempo ( $t$ ), que se requiere para que las primeras puedan llegar a sobrepasar a esta última. Este tiempo, expresado en minutos, corresponde a la resistencia al fuego del elemento. En el gráfico, la resistencia al fuego (RF), se alcanza en determinado tiempo ( $t_f$ ), cuando la resistencia del material  $R(t)$  resulta menor que el estado tensional  $E(t)$  inducido por las solicitaciones. Por esto la verificación a nivel de diseño se plantea a partir de la condición:



$$E(t) < R(t)$$

Fig. 6 - Verificación al fuego de una pieza estructural.

Fuente: "Comportamiento al fuego". HiLam, ARAUCO  
 Disponible en [www.hilam.cl](http://www.hilam.cl)

Durante un incendio, resulta poco probable contar con la sobrecarga de servicio completa, excepto en depósitos, bibliotecas o similares. Al mismo tiempo, en la medida que el incendio transcurre, la sobrecarga remanente se va reduciendo gradualmente, aspecto que también resulta aplicable sobre parte de la carga de naturaleza permanente, que se empieza a consumir. En un anteproyecto de norma australiano (*Draft Nr.1 Australian Standard Rules for Use of Timber in Structures. Part 4- Fire Resistance of Timber Structures. AS 1720, Part 4-1983.*), se proponía considerar una carga efectiva equivalente a la suma del 80% de las cargas de peso propio y el 40% de las sobrecargas de servicio. Una forma de racionalizar este criterio es aplicarlo en verificaciones para la categoría de resistencia al fuego F60 (60 minutos), definiendo adicionalmente una carga efectiva equivalente a la suma del 90% de las cargas de peso propio y el 70% de las sobrecargas de servicio en verificaciones para la categoría de resistencia al fuego F30 (30 minutos).

NOTA: No se profundizará en el cálculo de secciones al fuego dado que no es el objetivo de la presente tesina.

#### IV.c. Protección ante el fuego

##### \*Protección Activa:

Fundamentalmente manifiestas en las instalaciones de extinción de incendios

(Tema desarrollado en VI "Instalaciones complementarias de protección contra incendios").

##### \*\*Protección pasiva:

La protección pasiva de las estructuras consiste en reducir el riesgo de incendio a través de la utilización de materiales y sistemas de construcción, que por sus características y propiedades reducen la generación de gases y limitan la propagación del fuego, retardando su acción durante un período determinado de tiempo. De esta forma, se busca tener el tiempo necesario para efectuar una rápida evacuación o salvamento de los ocupantes de la vivienda, antes del eventual colapso de la estructura.

## La protección pasiva debe cumplir con tres objetivos fundamentales:



- Permitir el **rápido escape y salvamento** de los ocupantes de la edificación. Una vivienda resistente al fuego no es aquella que no se incendia, sino la que permite la evacuación de sus ocupantes en un tiempo razonable, sin que se produzcan lesiones o decesos por la generación de gases tóxicos y por caída o desplome de las estructuras afectadas. Diversas normativas determinan el ancho de los pasillos, escaleras y puertas de evacuación, las distancias máximas a recorrer hasta llegar a un lugar seguro, así como disposiciones constructivas (apertura de las puertas en el sentido de la evacuación, escaleras con pasamanos, etc.) También se establecen recorridos de evacuación protegidos. Las disposiciones llegan a determinar que un tramo de escaleras tendrá un mínimo de tres escalones, para evitar tropezones.

- Que las **llamas no se propaguen con facilidad** a otros recintos de la vivienda y edificaciones vecinas. Los materiales utilizados en los elementos de construcción que conforman una vivienda deben proporcionar una resistencia adecuada a la acción del fuego, de manera que contengan el avance de las llamas entre dependencias adyacentes dentro de ella, y hacia construcciones vecinas. Para retardar el avance del fuego se divide el edificio en sectores de incendio de determinados tamaños, sectores limitados por paredes, techo y suelo de una cierta resistencia al fuego. En la evacuación, pasar de un sector a otro, es llegar a un lugar más seguro.



Fig. 7 - Muro cortafuego

Fuente: [www.plataformaarquitectura.cl/2009/11/12/volcan-a-prueba-de-fuego-evitar-tragedias-de-manera-economica-y-sencilla](http://www.plataformaarquitectura.cl/2009/11/12/volcan-a-prueba-de-fuego-evitar-tragedias-de-manera-economica-y-sencilla)

- Que en caso de incendio, **se facilite su extinción**. El diseño arquitectónico de una vivienda debe considerar todas aquellas variables necesarias para permitir el accionar de bomberos en un incendio declarado. Este aspecto consiste en no obstaculizar los accesos de la vivienda y contar con medidas básicas de seguridad para la extinción de incendios.

#### IV.d. Exigencias de resistencia al fuego de elementos constructivos.

Son una lista de soluciones constructivas confeccionado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile, en el que se registran mediante valores representativos, las cualidades de los materiales, elementos y componentes utilizados en la construcción frente a la acción del fuego. Los edificios que, conforme a lo indicado en la Ordenanza mencionada, requieran protegerse contra el fuego, deberán proyectarse y construirse según alguno de los cuatro tipos que se señalan en la siguiente Tabla y los elementos que se utilicen en su construcción deberán cumplir con la resistencia al fuego que en ella se indica.

#### RESISTENCIA AL FUEGO DE LOS ELEMENTOS DE CONSTRUCCION

TIPO	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>a</b>	F-180	F-120	F-120	F-120	F-120	F- 30	F- 60	F-120	F- 60
<b>b</b>	F-150	F-120	F- 90	F- 90	F- 90	F- 15	F- 30	F- 90	F- 60
<b>c</b>	F-120	F- 90	F- 60	F- 60	F- 60	-	F- 15	F- 60	F- 30
<b>d</b>	F-120	F- 60	F- 60	F- 60	F- 30	-	-	F- 30	F- 15

Tabla x - Resistencia al fuego de los elementos de construcción. Fuente: "La Construcción de Viviendas en Madera", CORMA. Disponible en [www.cttmadera.cl](http://www.cttmadera.cl)

#### Elementos verticales:

- 1 -Muros cortafuego
- 2 -Muros zona vertical de seguridad y caja de escalera
- 3 -Muros caja ascensores
- 4 -Muros divisorios entre unidades (hasta la cubierta)
- 5 -Elementos portantes verticales
- 6 -Muros no portantes y tabiques

## **Elementos verticales y horizontales:**

**7** -Escaleras

## **Elementos horizontales:**

**8** Elementos portantes horizontales

**9** Techumbre incluido cielorraso

En edificios con destino habitacional de hasta dos pisos son aplicables las resistencias de los elementos constructivos establecidos para el tipo d. Sin embargo, para efectos de sistemas constructivos en madera, deberán considerarse las siguientes condiciones reglamentarias para desarrollar el diseño de la vivienda:

1.- Las viviendas aisladas, pareadas o continuas de hasta dos pisos, cuya superficie edificada sea inferior o igual a 140 m<sup>2</sup>, deberán tener una resistencia al fuego a lo menos F-15 en todos sus elementos y componentes portantes, siempre que el muro de adosamiento o muro divisorio, según corresponda, cumpla con las exigencias de muros divisorios entre unidades, establecidas en la columna signada con el número (4) en la Tabla.

2.- Las resistencias al fuego que se indican para muros no portantes y tabiques (6) en la Tabla, deben exigirse sólo cuando dichos elementos separan de piso a cielo recintos contiguos dentro de una unidad y no contienen puertas o superficies vidriadas.

3.- Para muros perimetrales, se exigirá el cumplimiento de la resistencia al fuego que corresponda, según Tabla, ya se trate de elementos portantes o no portantes, cualquiera sea el destino de la edificación, con la excepción señalada anteriormente para viviendas de hasta 140 m<sup>2</sup>. Las superficies vidriadas, los antepechos y dinteles no estructurales, están exentos de exigencias con respecto al fuego.

4.- Los elementos portantes inclinados en 20 o más grados respecto de la vertical, serán considerados como elementos portantes horizontales para establecer su resistencia al fuego.

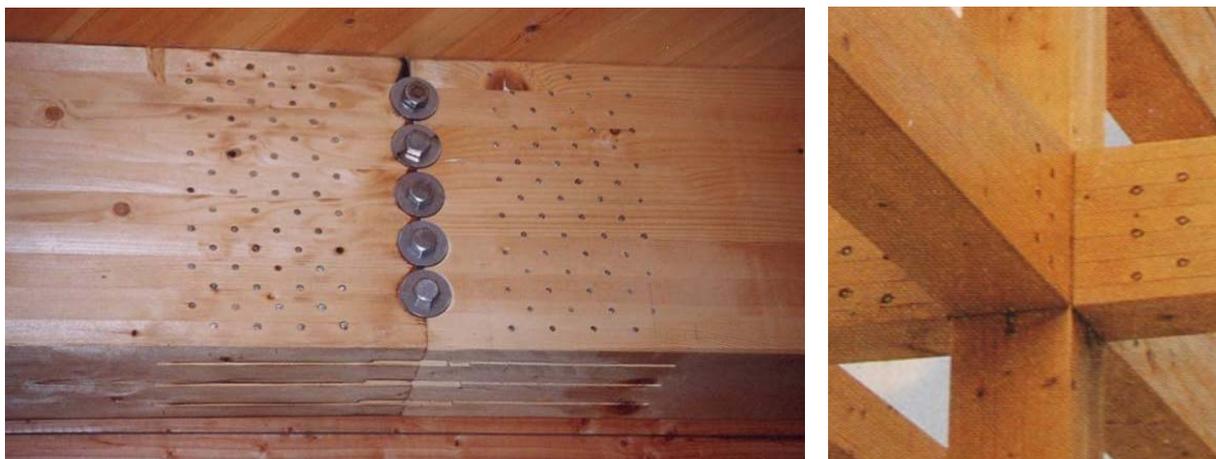
5.- Las escaleras (7) que comunican hasta dos pisos dentro de una misma unidad estarán exentas de exigencias de resistencia al fuego.

6.- Los muros cortafuego (1) deberán prolongarse a lo menos 0,50 m más arriba de la cubierta del techo más alto y 0,20 m hacia adelante de los techos voladizos, aleros u otros elementos combustibles. No obstante, dichas prolongaciones serán innecesarias cuando se emplee otra solución que garantice el cumplimiento de la resistencia mínima al fuego establecida en Tabla.

7.- En los muros cortafuego (1) no podrán traspasarse elementos ni empotrarse materiales que rebajen su resistencia al fuego a un valor menor al exigido en la Tabla, salvo en el caso de los ductos de instalaciones, que deberán cumplir, a lo menos, con la mitad de la resistencia al fuego requerida para los elementos que traspasan. En este tipo de muros, sólo estará permitido abrir vanos para dar continuidad a circulaciones horizontales, siempre que en ellos se instale un sistema de cierre que asegure, como mínimo, una resistencia al fuego correspondiente a la clase F-60. El sistema de cierre deberá ser automático en caso de incendio y permitir su fácil apertura en forma manual, debiendo volverse a cerrar en forma automática.

8.- Todo ducto de humo deberá salir verticalmente al exterior y sobrepasar la cubierta en al menos 1,5 m, salvo que se trate de viviendas unifamiliares en las que dicha altura podrá ser no menos de 0,50 m.

#### IV.e. Uniones resistentes al fuego



*Fig.8 – Uniones metálicas protegidas por madera. El número, calibre y tipo de clavo depende de la sollicitación a la que se somete la pieza. Fuente:Clases construcción en madera, curso 2010. Facultad de Arquitectura, UdelaR*

Los elementos constructivos con determinada resistencia al fuego deberán tener uniones con el mismo grado de resistencia. De otra manera, más allá de la resistencia de la pieza aislada, el sistema en su totalidad no nos garantizará la seguridad requerida.

La norma alemana DIN 4102 ofrece una clasificación en base a una extensa colección de ejemplos y reglamentación para cada clase de protección al fuego.

Las normas mexicanas (NMX) tienen también exigencias previstas para el diseño de estructuras con juntas que transfieran momentos o fuerzas concentradas importantes de un elemento a otro. En estos casos se deberá tener especial cuidado en el comportamiento de dichas juntas, ya que como efecto de elevadas temperaturas, pueden presentarse

asentamientos o plastificación parcial o total de los elementos de unión que causen redistribución de cargas. Para evitar el colapso por este motivo, se utilizan uniones metálicas por dentro de la sección estructural de madera, siendo la unión protegida por esta.

#### IV.f. Aplicaciones de protección por diseño

Cuando diseñamos una vivienda de madera, es necesario considerar las subdivisiones que tendrán los locales a proyectar. Estas subdivisiones, a efectos de la protección ante un incendio, se definen como **compartimentos**. La compartimentación será la encargada de impedir o retardar el avance del fuego de un local a otro mientras no se haya comenzado a combatir el incendio (sea por parte de bomberos o por sistemas de combate del fuego automáticos instalados en el sector afectado). Los compartimentos están delimitados por elementos constructivos como puertas, muros, tabiques, etc. y deben ser estancos ante la acción del fuego por un período determinado de tiempo, según lo exijan las normas para cada caso. Para cumplir con los objetivos fundamentales de protección pasiva de la estructura para edificaciones de madera, deben aplicarse parámetros de **protección por diseño**.

Las piezas de madera se comportan como **barreras físicas** ante el avance de las llamas y los gases tóxicos (por las características antes mencionadas de material retardador y buen aislante térmico). Ante la acción directa del fuego, la madera de Pino radiata por ejemplo, se carboniza en promedio a razón de 0,7 a 0,9 mm/minuto, dependiendo de la calidad de la terminación superficial. Al mismo tiempo, la capa carbonizada de madera se transforma en un escudo resistente que retarda aún más el avance de las llamas (explicado anteriormente).

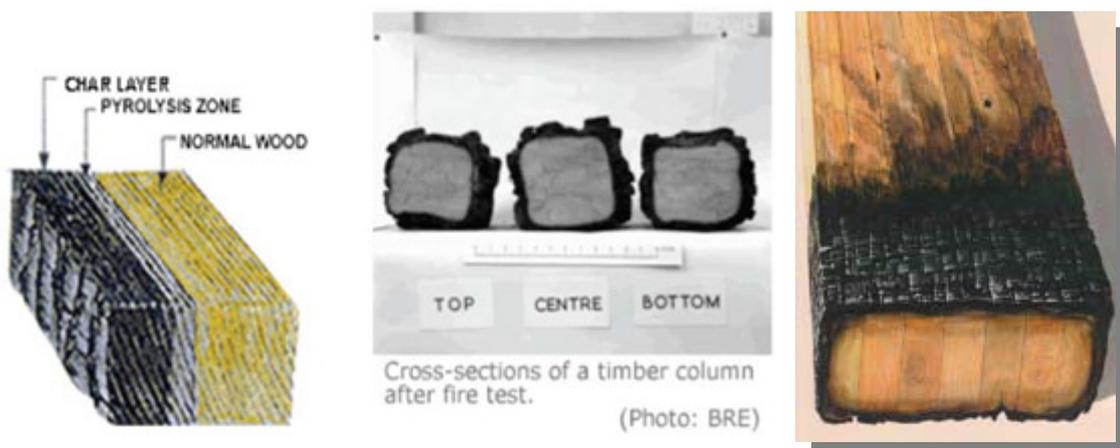


Fig. 9 - Sección transversal de piezas de madera macizas y laminadas sometida a la acción del fuego. Capa carbonizada superficial que sirve de coraza para que no avance el fuego.

Fuente: Engineered Wood Products. Fire Facts Wide. USA. Disponible en [www.redbuilt.com](http://www.redbuilt.com)

Las barreras físicas son un conjunto de piezas y componentes de madera estratégicamente ubicados e incorporados en el interior de la estructura resistente de la edificación. Las funciones principales respecto a un incendio son impedir el desplazamiento de gases tóxicos e inflamables y retardar el avance de las llamas.

Entre estas tenemos, dependiendo del lugar que ocupen:

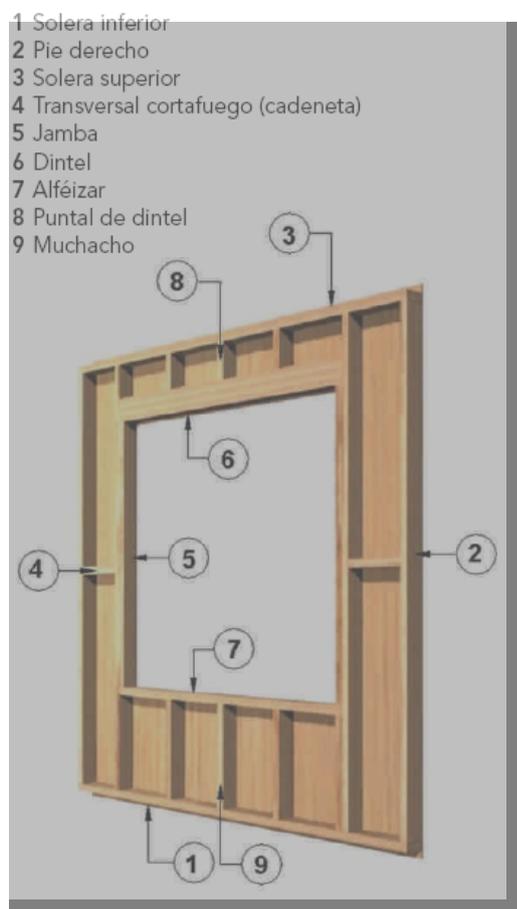
**\*En tabiques:**

• Transversal cortafuego

Su función es bloquear la ascensión de gases y el avance vertical de las llamas por el interior del tabique hacia estructuras superiores.

• Solera basal y solera inferior

Impiden que los gases y llamas penetren con facilidad al interior de las estructuras.



• Pie derecho

La importancia de que el vano de una puerta o ventana esté estructurado con dos piezas de igual escuadría, en ambos costados verticales (jamba-pie derecho), radica en la vulnerabilidad que presentan ambos elementos cuando se produce el denominado “flashover”, que es el escape explosivo del fuego a través de puertas y ventanas como reacción ante la falta de oxígeno en el recinto donde se produce el incendio.

• Dintel macizo

En vanos de luz superior a 80 cm (según normativa chilena) de tabiques portantes perimetrales es recomendable diseñar piezas macizas de madera, con el objeto de aumentar la resistencia del elemento, cuando las llamas escapan por dichas aberturas al momento de producirse el denominado “flashover”.

Fig. 10 - Piezas principales que componen un entramado vertical.

Fuente: “La Construcción de Viviendas en Madera”, CORMA. Disponible en [www.cttmadera.cl](http://www.cttmadera.cl)

## **\*\*En estructuras de piso y entrepisos:**

Un entrepiso cumple una función importante como barrera al fuego, por lo que su diseño debe considerar la colocación de componentes destinados a mejorar dicha condición.

### **• Cadeneta de compartimentación**

Corresponde a piezas de madera de igual escuadría de las vigas secundarias que estructuran los envigados de piso y entrepiso. La principal función de estos componentes es retardar la propagación horizontal de las llamas por el interior de la estructura. Es recomendable que las cadenetas de compartimentación se coloquen cada 120 cm de distancia, dejando entre ellas una cadeneta de apoyo de menor escuadría para no incrementar de forma significativa el peso propio de la estructura.

### **• Cadeneta de apoyo**

Cumple la función de servir de apoyo en los bordes de los tableros de piso. Una cadeneta de apoyo puede ser al mismo tiempo una cadeneta de compartimentación y se coloca en forma alineada y alternada entre las vigas.

### **• Viga cortafuego**

Los tabiques que dividen interiormente los recintos de una vivienda deben tener igual condición que la estructura de entrepiso, de modo de evitar el salto o paso de las llamas por encima de él.

### **• Cadeneta cortafuego**

Cumplen la misma función de las vigas cortafuego, con la diferencia de que la cadeneta cortafuego se ubica cuando las vigas secundarias que conforman la estructura de entrepiso se distribuyen de manera perpendicular al o a los tabiques ubicados bajo aquellos. Todos los bordes de unión entre dichos tableros deben ser sellados por medio de vigas secundarias, cadenetas de compartimentación o de apoyo, según corresponda.

## **IV.g. Uso de materiales de construcción no combustibles**

La voracidad de un incendio no depende del tipo de material predominante en la estructura portante, sino de la cantidad y características de los materiales presentes en capas exteriores o terminaciones de paramentos como pueden ser los revestimientos o recubrimientos, y elementos de alhajamiento como tapizados, cortinajes, muebles, etc.



Fig. 11 - Muro interior revestido con placas de yeso cartón.  
 Fuente: "La Construcción de Viviendas en Madera", CORMA.  
 Disponible en [www.cttmadera.cl](http://www.cttmadera.cl)

Los gases tóxicos son los que provocan la mayor cantidad de decesos en un incendio y no la acción directa de las llamas.

Por todo lo anterior, deben considerarse en el diseño revestimientos de protección que se fijan a los entramados de madera y cuya misión es complementar y mejorar el tiempo de resistencia al fuego en la estructura, durante un lapso determinado para la evacuación de las personas que habitan en ella.

Los siguientes materiales son algunos de los que pueden denominarse **revestimientos de protección**, ya que presentan adecuadas propiedades para retardar la acción de las llamas y evitar que afecten en forma inmediata la estructura resistente de la vivienda.

#### **\*Plancha de cartón yeso**

Material sólido, durable y estable. Se utiliza principalmente como revestimiento protector de muros, tabiques y cielorrasos protegidos de la intemperie. Su principal característica es su incombustibilidad, lo que lo convierte en un material recomendado para aplicaciones constructivas resistentes al fuego. El núcleo de yeso y el revestimiento de cartón le confieren convenientes cualidades de aplicación y manipulación.

En la actualidad se comercializan planchas de tres tipos:

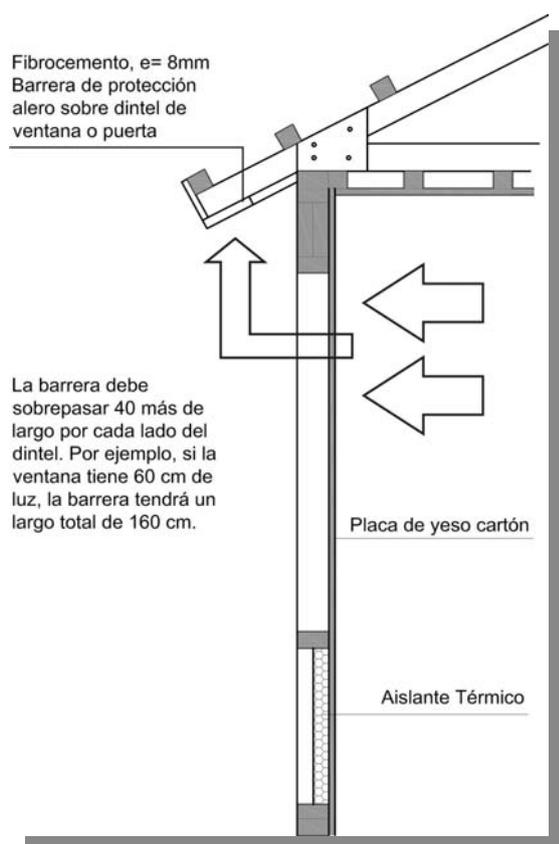
- Plancha de yeso cartón con características estándar.
- Plancha de yeso cartón con especiales características de resistencia al fuego.
- Plancha de yeso cartón con especiales características de resistencia a la humedad.

Las planchas de yeso cartón son fabricadas por la industria en los siguientes espesores:

- Planchas estándar (ST): 8; 10; 12,5; 15; 25; 30 y 45 mm.
- Planchas resistentes al fuego (RF): 12,5 y 15 mm.
- Planchas resistentes a la humedad (RH): sólo en 15 mm.

Para efectos de resistencia al fuego la plancha de cartón yeso tipo RF, posee mejores propiedades frente a la acción de las llamas, dado que en su fabricación se incorpora fibra de vidrio al núcleo de yeso para aumentar su resistencia. Estas fibras permiten retardar el colapso de las planchas sometidas al fuego, por lo tanto actúan como barrera efectiva, protegiendo en forma adicional las estructuras revestidas con ella.

## **\*\*Planchas de fibrocemento**



Como revestimientos de protección representan una buena solución para recintos húmedos como baños, cocinas, muros a la intemperie, ambientes salinos o alcalinos. Poseen propiedades impermeables, imputrescible e incombustibles. Es un material comercializado con formatos específicos, según requerimientos particulares de recintos húmedos o a la intemperie:

- Planchas de fibrocemento estándar: Son aquellas que en su superficie recibirán recubrimientos simples como pinturas o láminas vinílicas. Son aplicables como revestimiento de tabiques, especialmente donde se requiere incombustibilidad, y al mismo tiempo, resistencia a la humedad.

Fig. 12 - Barrera de protección en placa de fibrocemento de 8 mm de espesor bajo alero para evitar penetración de llamas hacia la estructura de techumbre bajo la cubierta.

Fuente: "La Construcción de Viviendas en Madera", CORMA. Disponible en [www.cttmadera.cl](http://www.cttmadera.cl)

- Planchas de fibrocemento de alta densidad: aplicables en muros estructurales y ambientes con humedad constante y en zonas expuestas a la lluvia.
- Planchas de fibrocemento de superficie texturada: para recibir recubrimiento de terminación, por ejemplo, palmetas cerámicas e incluso enchapes de ladrillo.

## **\*\*\* Aislantes térmicos**

En nuestro país se comercializan principalmente tres tipos de productos destinados a la aislación termo-acústica:

- Planchas de poliestireno expandido: posee la ventaja de ser un material de muy bajo peso y relativamente económico. Estando bien protegido de la acción del calor, no reviste peligro inmediato para la estructura de la edificación. Sin embargo, en contacto con el fuego, se consume casi instantáneamente, provocando la aparición de llamas residuales de corta duración.

• Planchas o rollos de lana mineral: Estas fibras son aglomeradas con resinas de tipo fenólico, formando colchonetas, rollos, bloques y caños premoldeados. Debido a su origen, la lana de fibra mineral es incombustible y no inflamable, por lo que tiene las características de material retardador del fuego. No emite gases tóxicos y posee baja conductividad térmica.



• Planchas o rollos de lana de vidrio: Producto fabricado fundiendo arenas a altas temperaturas con alto contenido de sílice y con adición de otros componentes. Gracias a diferentes procesos de fabricación adicionales, es posible obtener productos en múltiples formatos como rollos, paneles u otros, de variados espesores, densidades y que pueden tener diferentes revestimientos adicionales.

Fig. 13 - Tabique perimetral con aislante térmico tipo lana de vidrio. Fuente: "La Construcción de Viviendas en Madera", CORMA. Disponible en [www.cttmadera.cl](http://www.cttmadera.cl)

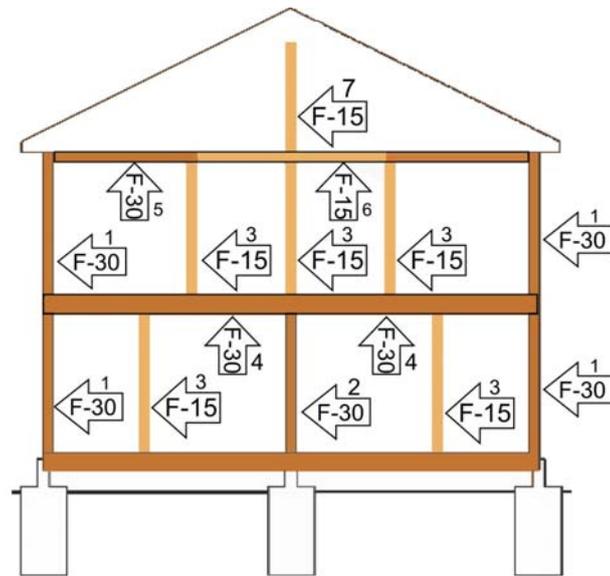
#### IV.h. Elementos que conforman la estructura de la vivienda

En caso de incendio, los elementos que constituyan una edificación serán los encargados de aumentar el tiempo antes del colapso de una estructura de acuerdo a lo que exija la normativa que lo regule. Este tiempo se expresa en minutos, asociado al uso específico del elemento en la estructura de la vivienda y los materiales que lo conforman.

Una vivienda de madera debe ser diseñada y proyectada con ciertos parámetros de resistencia al fuego, de todos y cada uno de los elementos de construcción que la componen.

Tomando como referencia el manual de construcción de viviendas de madera de la Corporación Chilena de la Madera (CORMA), manejamos un conjunto de materiales y componentes de construcción, cuya disposición y ordenamiento metódico cumplen con objetivos de armado y división de los diferentes recintos o compartimentos que conforman una edificación.

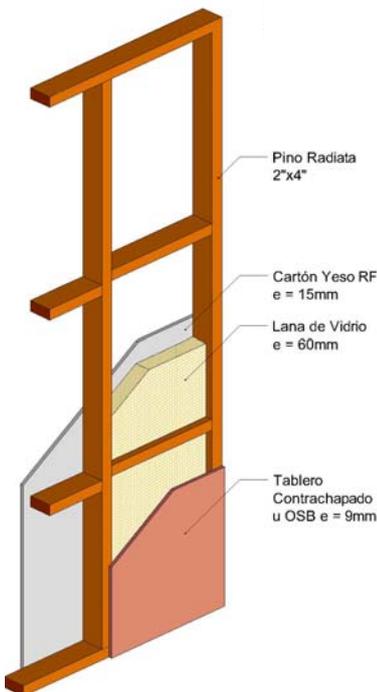
Como soluciones mínimas de resistencia al fuego, y dependiendo del elemento constructivo y su uso, podemos tener:



**RESISTENCIA MÍNIMA RECOMENDADA PARA ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS**

- |  |      |
|--|------|
| - 1 Tabiques soportantes perimetrales        | F-30 |
| - 2 Tabiques soportantes interiores          | F-30 |
| - 3 Tabiques autosoportantes                 | F-15 |
| - 4 Estructura de entrepiso                  | F-30 |
| - 5 Cieloraso de dormitorios, estar y cocina | F-30 |
| - 6 Cieloraso de pasillos y baños            | F-15 |
| - 7 Tabique de bloque en entretecho          | F-15 |

Fig. 14 - Requerimiento mínimo de resistencia al fuego por tipo de elemento de construcción y servicio, para viviendas unifamiliares no pareadas ni adosadas. Fuente: "La Construcción de Viviendas en Madera", CORMA. Disponible en [www.cttmadera.cl](http://www.cttmadera.cl)



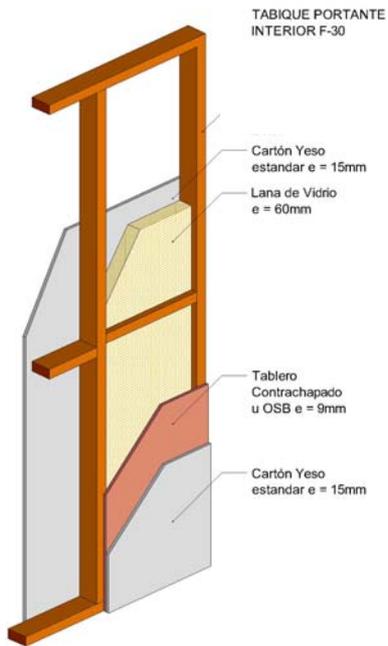
**Tabique portante perimetral F-30**

Los componentes y materiales mínimos para el diseño de este tipo de tabique son:

- OSB de 9,5 mm o contrachapado fenólico de 10 mm de espesor por la cara exterior del elemento.
- Yeso cartón RF de 15 mm de espesor por la cara interior del elemento.
- Entramado vertical de madera en piezas de Pino radiata de 2"x 4" (41 x 90 mm).
- Aislante térmico de lana mineral o fibra de vidrio, 60 mm de espesor.

Fig. 15 - Solución mínima F-30 para tabiques soportantes perimetrales. Una o dos filas de transversales cortafuego son opcionales. Fuente: "La Construcción de Viviendas en Madera", CORMA.

Disponible en [www.cttmadera.cl](http://www.cttmadera.cl)

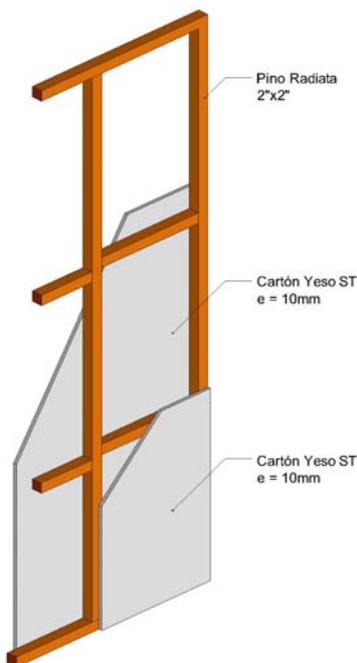


- **Tabique portante interior F-30**

Los componentes y materiales mínimos para el diseño de este tipo de tabique son:

- Yeso cartón estándar 15 mm de espesor, por ambas caras del elemento.
- Entramado vertical de madera, en piezas de Pino radiata de 2"x 3" (41 x 69 mm).
- Aislante térmico de lana mineral o fibra de vidrio, 40 mm de espesor.
- Como se trata de un tabique soportante (en interior), por una de sus caras debe ser incorporado además un tablero arriostrante de OSB o contrachapado estructural, de 9 mm de espesor mínimo.

Fig. 16 - Solución mínima F-30 para tabiques soportantes interiores. Una o dos filas de transversales cortafuego son opcionales. Fuente: "La Construcción de Viviendas en Madera", CORMA. Disponible en [www.cttmadera.cl](http://www.cttmadera.cl)



- **Tabique auto-portante F-15**

Los componentes y materiales mínimos para el diseño de este tipo de tabique son:

- Yeso cartón estándar de 10 mm de espesor por ambas caras del elemento.
- Entramado vertical de madera, en piezas de Pino radiata de 2"x 2" (41 x 41 mm).

Fig. 17- Solución mínima F-15 para tabiques autosoportantes interiores. Una o dos filas de transversales cortafuego son opcionales. Fuente: "La Construcción de Viviendas en Madera", CORMA. Disponible en [www.cttmadera.cl](http://www.cttmadera.cl)

- **Cielorraso de 1º piso y dormitorios de 2º piso F – 30**

Los componentes y materiales mínimos para el diseño de este tipo de cielo raso son:

- Yeso cartón RF de 12,5 mm de espesor.
- Entramado horizontal de madera, en piezas de Pino radiata de 2"x 2" (41 x 41 mm), distanciadas como máximo a 40 cm.

### Entramado de Cielorraso F-30

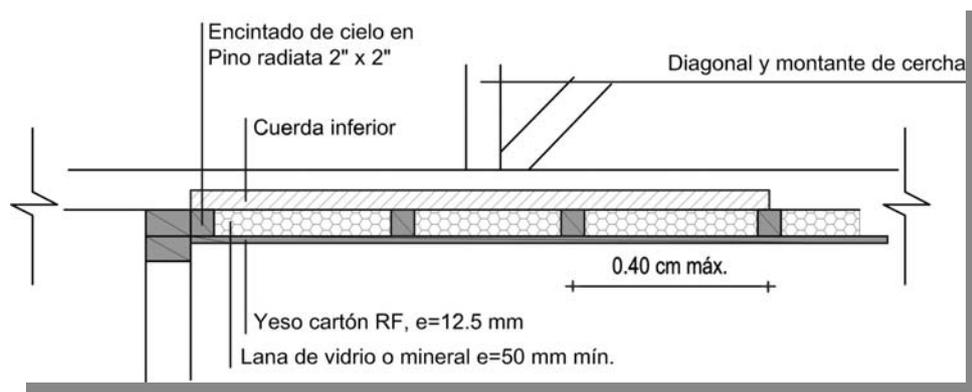


Figura 18 - Solución mínima F-30 para cielorraso.  
 Fuente: "La Construcción de Viviendas en Madera", CORMA.  
 Disponible en [www.cttmadera.cl](http://www.cttmadera.cl)

- **Cielorraso de segundo piso y otros recintos**

Los componentes y materiales mínimos para el diseño de este tipo de cielo raso son:

- Yeso cartón estándar de 10 mm de espesor.
- Entramado horizontal de madera en piezas de Pino radiata, de 2"x 2" (41 x 41 mm), distanciadas como máximo a 60 cm.

### Entramado de Cielorraso F-15

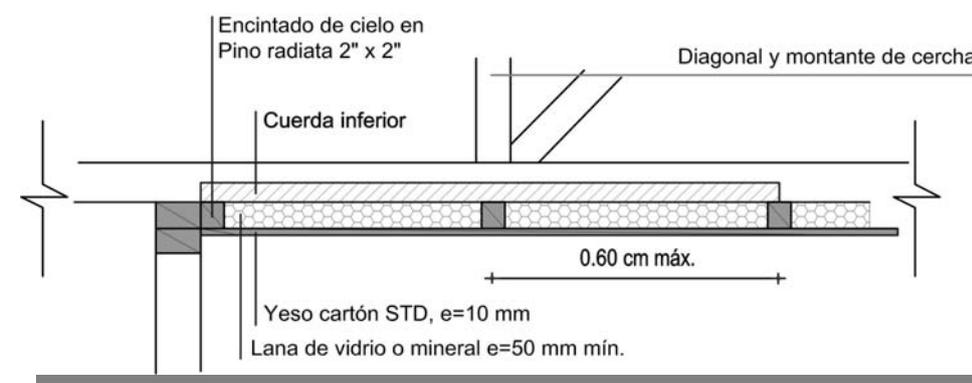


Fig. 19 - Solución mínima F-15 para cielorraso.  
 Fuente: "La Construcción de Viviendas en Madera", CORMA.

Disponible en [www.cttmadera.cl](http://www.cttmadera.cl)

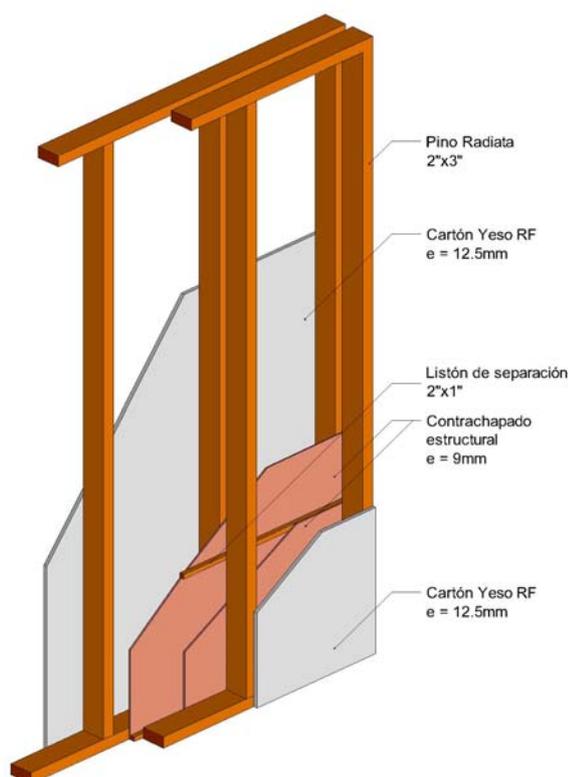
#### IV.i. Muro Cortafuego

En Uruguay, existen limitaciones referente a la prevención de incendios a nivel edilicio. No ha sido desarrollado suficientemente, por lo que hemos recurrido, a modo de referencia, a sistemas constructivos empleados en otros países, principalmente Chile.

Un muro cortafuego delimita viviendas, recintos y espacios en compartimientos estancos, evitando la propagación de gases inflamables y llamas en forma directa entre ellos.

Para tal efecto, debe considerarse en el diseño las soluciones establecidas en las normas que rijan la construcción. En este caso presentamos soluciones pertenecientes al el “Listado de elementos constructivos resistentes al fuego” del ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile (MINVU). Tal como se establece en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones del mencionado país, dicho elemento constructivo debe tener una resistencia mínima al fuego de 1 hora (F-60). Estas son algunas de las soluciones constructivas que pueden ser aplicadas dependiendo del servicio que el elemento preste:

- **Panel doble muro F-60**



Este elemento puede ser utilizado como divisor de dos unidades de vivienda; los componentes mínimos para el diseño de este tipo de tabique cortafuego son:

- Dos tabiques de Pino radiata 2"x 3" (41 x 69 mm), paralelos entre sí.
- La cara interna enfrentada de ambos tabiques va revestida con un tablero contrachapado estructural de 9 mm de espesor, separado por un listón central de Pino radiata de 2"x 1".
- La cara externa o a la vista de ambos tabiques (siempre protegida de la intemperie) va revestida con placas de yeso cartón RF, de 12,5 mm de espesor.

Fig. 20 - Elemento constructivo cortafuego tipo panel doble muro F-60.  
Fuente: "La Construcción de Viviendas en Madera", CORMA.  
Disponible en [www.cttmadera.cl](http://www.cttmadera.cl)

Las características más importantes de este tipo de muro cortafuego son:

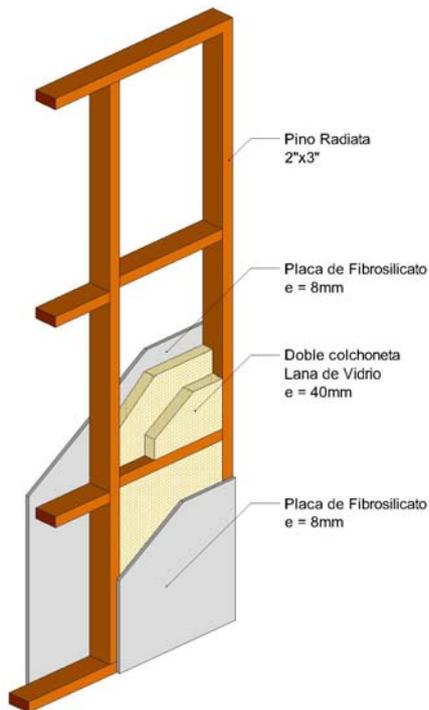
- Resistencia mínima al fuego, 60 minutos (F-60).
- Es utilizable sólo como tabique cortafuego entre unidades de viviendas.
- La distancia máxima entre pie derecho es 60 cm.
- Pueden incorporarse cualquier tipo de aislante térmico o acústico.

- Pueden incorporarse cortafuegos transversales en ambos muros.
- El muro debe ser continuo, desde la fundación hasta la cumbrera.

- **Tabiques F-60**

Componentes y materiales mínimos para el diseño de este tipo de tabique cortafuego son:

- Tabiques de Pino radiata 2" x 3" (41 x 69 mm).
- Ambas caras revestidas con placas de fibrosilicato (fibrocemento) de 8 mm de espesor.
- Doble colchoneta de aislante térmico de fibra de vidrio, 40 mm de espesor.



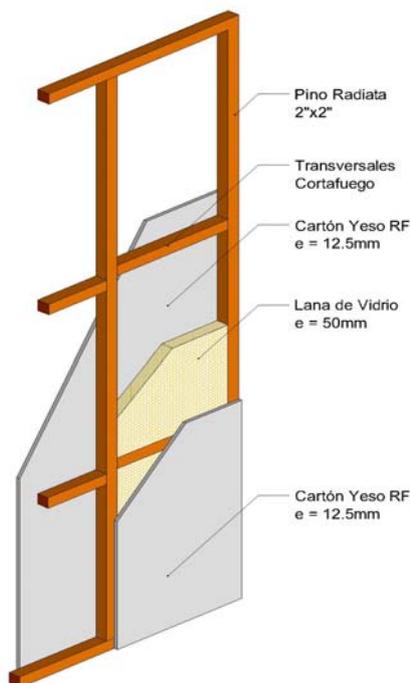
Este tabique puede ser utilizado también como tabique portante perimetral y sus características más importantes son:

- Resistencia mínima al fuego 60 minutos (F-60).
- Es utilizable como tabique cortafuego entre unidades de viviendas.
- Es utilizable como tabique soportante perimetral, incorporando un tablero estructural en una de sus caras.
- La distancia máxima entre pie derecho es 60 cm.
- Utiliza dos filas de transversales cortafuego en los tercios de la altura del elemento cada 80cm aproximadamente.

Fig. 21 - Elemento constructivo F-60 Promatect H-86.

Fuente: "La Construcción de Viviendas en Madera", CORMA.

Disponible en [www.cttmadera.cl](http://www.cttmadera.cl)



Los componentes y materiales mínimos para el diseño de este tipo de tabique son:

- Tabiques de Pino radiata 2" x 2" (41 x 41 mm).
- Ambas caras revestidas con placas de yeso cartón RF, 12,5 mm de espesor.
- Colchoneta de aislante térmico de fibra de vidrio, 50 mm de espesor.

Fig. 22 - Elemento constructivo F-60 Owens Corning STD.

Fuente: "La Construcción de Viviendas en Madera", CORMA.

Disponible en [www.cttmadera.cl](http://www.cttmadera.cl)

Las características más importantes del tabique son:

- Resistencia mínima al fuego 60 minutos (F-60).
- Es utilizable como tabique cortafuego auto-portante (a nivel de entretecho de la vivienda).
- Puede ser utilizado como tabique divisorio interior en una vivienda, cuando se requieren condiciones especiales de resistencia al fuego.
- Los pie derechos van distanciados cada 60 cm como máximo.
- El sistema utiliza dos filas de transversales cortafuego en los tercios de la altura del elemento.
- Este tipo de elemento no es utilizable como tabique portante, aún incorporando tableros estructurales.

## **V. PINTURAS Y TRATAMIENTOS IGNÍFUGOS**

Desde tiempo inmemorial se conocen las cualidades combustibles de la madera. Buscar hacerla incombustible es casi imposible, teniendo en cuenta los elementos químicos que la componen en mayor proporción: carbón, hidrógeno y oxígeno.

En este capítulo se va a hacer referencia a la posibilidad de mejorar el comportamiento al fuego de la madera mediante una correcta impregnación con productos químicos o por aplicación de recubrimientos superficiales de tipo pinturas. Así, se aumenta la protección contra el fuego en la construcción. Pero en ningún caso se logra que la madera sea incombustible, y ante un incendio de magnitud considerable la madera tratada también se quemará.

### **V.a. Estabilidad de los materiales de la construcción ante el fuego**

Según Carlos A. Giudice y Andrea M. Pereyra, docentes de UTN–FRLP (Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata, Argentina), en su libro “Pinturas retardantes al fuego”. Sostienen que la acción del fuego sobre los materiales de la construcción es significativa. Así por ejemplo, los calcáreos colapsan rápidamente por dilatación de los núcleos y por concentración durante la desecación mientras que los cementíceos exhiben satisfactoria respuesta a altas temperaturas si se encuentran perfectamente anclados.

Por su parte, el hormigón armado presenta adecuado comportamiento hasta los 300- 330 °C si sus agregados áridos son de reducido tamaño; los hierros de la armadura comienzan a perder resistencia cuando se alcanza una temperatura crítica de 500-550 °C.

En lo referente al yeso, éste se deshidrata gradualmente por encima de los 120 °C y hasta los 180 °C, pulverizándose por pérdida de cohesión a los 700-800 °C.

Los sistemas de hierro y acero portantes realizados por forjado o laminado se deforman plásticamente por acción del calor fundamentalmente cuando la presión de las masas soportadas pierden su equilibrio estático; aproximadamente a 500°C este material disminuye a la mitad su resistencia estructural.

La madera y los productos derivados fueron ampliamente usados en la construcción de edificios históricos; a pesar de comportarse como materiales combustibles y de resultar vulnerables en casos de incendio, presentan en general una considerable resistencia al fuego. La madera sin tratar comienza a arder a los 300 °C.

La citada resistencia al fuego de la madera se debe a la reducida penetración del mismo, la cual es atribuible a la baja conductividad técnica y a la formación de una capa carbonizada superficial que retarda la velocidad de propagación por su propiedad aislante.

La combustión de un material celulósico (la madera está compuesta por un 50 % de celulosa, 25 a 35 % de lignina y 15 a 25 % de hemicelulosa) se produce luego de cumplir

diferentes estados: procesos térmicos y químicos simultáneos, descomposición, ignición, combustión y propagación.

Todos los valores citados tienen singular significado, ya que las temperaturas medias en edificios incendiados oscilan entre los 700 y 800 °C.

Al incendiarse un edificio, en cuestión de minutos todos los materiales metálicos pierden su resistencia y se destruyen, mientras que en el mismo lapso las estructuras de madera mantienen una elevada resistencia estructural, producto de la carbonización superficial que la protege. Es por ello que las pérdidas en construcciones de madera, en casos de siniestros son siempre menores que en las construcciones con hierro y otros metales y, una vez que se ha eliminado el origen del incendio, la madera se caracteriza por presentar un comportamiento correspondiente a un material autoextinguible.

### **V.b. Determinación del retardo al fuego**

Se entiende por “retardante Ignífugo” a aquel que aplicado sobre la superficie de la madera en varias capas, permite retardar la combustión y propagación de la llama sobre ésta, lográndose un bajo índice de carbonización al estar expuesta a una fuente de calor.

### **V.c. Alcance y campo de aplicación**

Según la norma chilena **NCh1974.Of86**, se describe un procedimiento de ensayo para determinar el retardo al fuego de pinturas, se puede determinar, de modo cuantitativo, las propiedades retardantes al fuego producidas por una o varias capas de pintura aplicada sobre superficies de madera, a través de la determinación de la pérdida de masa y el índice de carbonización de las probetas recubiertas con dicha pintura. Según Carlos A. Giudice y Andrea M. Pereyra, indican que este método se utiliza, solamente, para medir y describir las propiedades de las pinturas en respuesta a la llama, a nivel superficial, bajo condiciones controladas de laboratorio. Por lo tanto no debe ser considerado o usado para la descripción, la evaluación o la reglamentación del riesgo de incendio real para una pieza de madera.

### **V.d. Tipos de retardantes de fuego y modo de acción**

Existen productos que resisten el lavado provocado por lluvias y climas muy húmedos y otros que se disuelven fácilmente. Los primeros, generalmente son para uso en exteriores. Los segundos, sales inorgánicas solubles en agua, son para uso en interiores. Es interesante conocer la acción del retardante de fuego y de qué forma modifica el proceso de pirólisis y combustión de la madera. Hay varias teorías que describen cómo el retardante reduce la inflamabilidad, a saber:

- El retardante de fuego forma una capa fluida o cristalina, que previene el escape de los productos inflamables y la entrada de aire hasta la superficie de la madera.
- Los productos químicos retardantes en forma de pinturas, barnices o espumas, aíslan la superficie de la madera evitando la carbonización.
- Se incrementa la conductividad térmica de la madera, produciéndose una disipación de calor desde la superficie mayor que el ingresado por la fuente de ignición.
- Los retardantes de fuego sufren cambios físicos y/o químicos que absorben calor dificultando la ignición.

### V.e. Tipos de Pinturas

Las pinturas ignífugas se pueden clasificar, según su mecanismo de acción, en pinturas intumescentes y pinturas retardantes de llama.

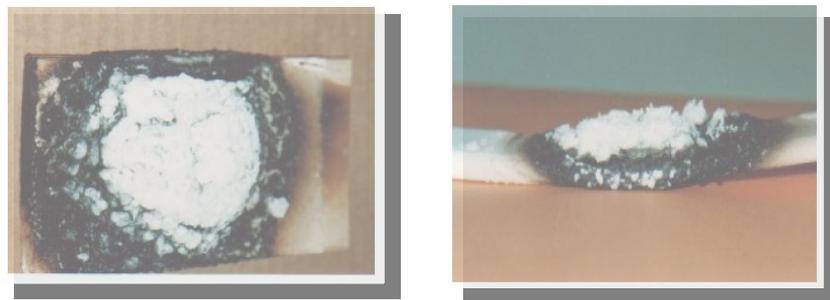
- **Pinturas intumescentes.**

Las películas secas de estas pinturas, sometidas a la acción del calor, primeramente se ablandan y luego se hinchan debido a un desprendimiento interno de gases incombustibles que permanecen en parte retenidos, llegando a alcanzar un espesor de más de 100 veces superior al original.

La capa intumescente solidifica en forma de masa esponjosa incombustible que protege el material pintado, dificultando el aumento de la temperatura e impide el acceso de aire.

Estos productos se aplican sobre sustratos diversos tales como papel, cartón, madera, plásticos, metales, mampostería, etc.

Durante la acción del fuego, la película de pintura absorbe energía térmica para formar la citada capa esponjosa; esta última se comporta además como un excelente aislante térmico (baja conductividad) y como barrera para controlar el acceso del aire a la interfase.



*Fig.23 - Películas de pinturas intumescentes luego de la acción del fuego*

*Fuente: Pinturas retardantes del fuego, Carlos A. Giudice y Andrea M. Pereyra.*

*Docentes UTN–FRLP (Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata, Argentina).*

- **Pinturas retardantes de llama.**

Generalmente estas pinturas están basadas en resinas alquídicas cloradas, epoxídicas, poliuretánicas, vinílicas, etc. El mecanismo de acción se complementa con la eliminación de gases incombustibles que contribuyen a disminuir significativamente el aporte de oxígeno. Su performance se complementa con una acción en fase sólida, que se comporta como capa aislante desde un punto de vista térmico y como una barrera a la transferencia de materia.

## VI. **INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS DE PREVENCIÓN Y EXTINCIÓN**

Se llama **protección contra incendios** al conjunto de medidas que se disponen en los edificios para protegerlos contra la acción del fuego.

Generalmente, con ellas se trata de conseguir tres fines:

- Salvar vidas humanas
- Minimizar las pérdidas económicas producidas por el fuego.
- Conseguir que las actividades del edificio puedan reanudarse en el plazo de tiempo más corto posible.

La salvación de vidas humanas suele ser el único fin de la normativa de los diversos estados y los otros dos los imponen las compañías de seguros rebajando las pólizas cuanto más apropiados sean los medios.

Las medidas fundamentales contra incendios pueden clasificarse en dos tipos:

- **Medidas pasivas:** Se trata de las medidas que afectan al proyecto y a la construcción del edificio, desarrolladas en apartado IV. Elementos constructivos, pág 7.
- **Medidas activas:** Fundamentalmente manifiestas en las instalaciones de extinción de incendios.

### **Medios activos**

Se dividen en varios tipos.

- Detección:

Mediante detectores automáticos (de humos, de llamas o de calor, según las materias contenidas en el local) o manuales (timbres que cualquiera puede pulsar si ve un inicio de incendio).

- Alerta y Señalización:

Se da aviso a los ocupantes mediante timbres o megafonía y se señalan con letreros en color verde (a veces luminosos) las vías de evacuación. Además debe de haber un sistema de iluminación mínimo, alimentado por baterías, que permita llegar hasta la salida en caso de fallo de los sistemas de iluminación normales del edificio.

Los sistemas automáticos de Alerta se encargan también de avisar, por medios electrónicos, a los bomberos. En los demás casos deberá solicitarse el servicio telefónicamente.

- Extinción:

Mediante agentes extintores (agua, polvo, espuma, nieve carbónica), contenidos en extintores o conducidos por tuberías que los llevan hasta determinados dispositivos (bocas de incendio, hidrantes, rociadores) que pueden funcionar manual o automáticamente.

- Presurización de escaleras:

En edificaciones de mediana a gran altura, es ampliamente utilizado el método de presurización de las cajas de escaleras a fin de mantener una presión estática muy superior a la existente en los pasillos de los pisos. Este artificio es necesario para que los humos a alta temperatura no se desplacen hacia el interior de las escaleras, lugar destinado a la evacuación de los ocupantes del edificio. Este método de presurización se realiza mediante ventiladores industriales de gran caudal, que generan una circulación desde la parte inferior de la edificación hasta un respiradero superior. Cabe recordar que para que este método sufra efecto, las puertas cortafuego deben mantenerse cerradas siendo para ello lo más apropiado las puertas pivotantes.

## VII. CONCLUSIONES

Generalmente, los prejuicios que suelen existir sobre la construcción en madera y su comportamiento ante el fuego, ponen al material en desventaja respecto a estructuras de acero.

Mediante la información manejada en este trabajo se desprenden una serie de ventajas de la madera para su uso estructural expuesta a casos de incendio.

Si bien la madera, en forma aparente, presenta desventajas ante elementos constructivos tradicionales, hay una importante cantidad de materiales que convierte a los sistemas constructivos de madera en viviendas estables y seguras, frente a la eventualidad de un incendio. Al incendiarse un edificio, en cuestión de minutos todos los materiales metálicos pierden su resistencia y se destruyen, mientras que en el mismo lapso las estructuras de madera mantienen una elevada resistencia estructural, producto de la carbonización superficial que la protege. Es por ello que las pérdidas en construcciones de madera, en casos de siniestros son siempre menores que en las construcciones con hierro y otros metales.

La resistencia al fuego de una casa de madera no es menor a una de construcción tradicional en todos los casos, sino que depende de los métodos utilizados en la construcción y principalmente de un buen diseño de protección pasiva.

A pesar de que la madera es combustible, los incendios en la mayoría de los casos comienzan por otros elementos presentes en el local como telas, plásticos, elementos decorativos, etc.

Dada la forma en que se quema la madera, podemos afirmar que cuanto mayor sea la sección transversal de las piezas utilizadas, mejor será el comportamiento de la estructura resistente en los tiempos de contención al avance de las llamas.

Haciendo determinados tratamientos de la madera, como pueden ser los retardantes de fuego y pinturas ignífugas se pueden prevenir pequeños focos de incendio y prolongar el comienzo de la ignición, dando tiempo a tomar las medidas necesarias para evitar la propagación del fuego, y la llegada a elementos estructurales.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- SECOFI (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial). Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de madera. México. Disponible en [www.materiales.azc.uam.mx/tperea/114331/NTC-MADERA.pdf](http://www.materiales.azc.uam.mx/tperea/114331/NTC-MADERA.pdf)
- ARAUCO. Comportamiento al fuego de elementos constructivos de madera. (Maderas Laminadas HiLam). Chile. Disponible en [www.hilam.cl](http://www.hilam.cl)
- ARAUCO. Ingeniería y Construcción en Madera. Chile, 1997
- CORMA (Corporación de la Madera). La Construcción de Viviendas en Madera. Chile. Disponible en [www.cttmadera.cl/2007/03/31/la-construccion-de-viviendas-en-madera](http://www.cttmadera.cl/2007/03/31/la-construccion-de-viviendas-en-madera)
- Instituto Forestal. Manual de construcciones en madera. 10 fascículos. Chile, Santiago. 1978.
- Ficha 1, 2 y 3 Maderas. Cátedra de Construcción I de la Facultad de Arquitectura, Universidad de la República. Montevideo, Uruguay. 2002
- Arq. Hanono, Miguel. Construcción en madera. Bariloche, Argentina. Editorial Cima. 2004
- Giudice, Carlos A. y M. Pereyra, Andrea. PINTURAS RETARDANTES DEL FUEGO. UTN–FRLP. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata, Argentina. Disponible en [www.frlp.utn.edu.ar/materias/protecmat/ignifugas.pdf](http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/protecmat/ignifugas.pdf)
- Red Built. Engineered Wood Products. Fire Facts Wide. USA. Disponible en [www.redbuilt.com](http://www.redbuilt.com)
- Norma chilena oficial NCh 1207.Of.90 - Pino Radiata
- Norma chilena oficial NCh 1198. Of. 2006 - Construcciones en madera
- Promat. Normas chilenas oficiales de Prevención de riesgos – Defensa contra el fuego: Terminología, Símbolos, signos y clasificación de fuegos. NCh1429. Of1992
- Salier, Ignacio. DESCRIPCION Y ANALISIS DE INCENDIOS IMPORTANTES PARA PROPONER CRITERIOS DE DISEÑO. IDIEM, Instituto de investigación y ensayos de materiales, Facultad de Ciencias físicas y matemáticas. Universidad de Chile. Disponible en [www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2007/sailer\\_m/sources/sailer\\_m.pdf](http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2007/sailer_m/sources/sailer_m.pdf)
- **Páginas web:**
  - [www.wikipedia.org/wiki/Protecci%C3%B3n\\_contra\\_incendios](http://www.wikipedia.org/wiki/Protecci%C3%B3n_contra_incendios)
  - [www.monografias.com/trabajos5/prevfuegos/prevfuegos.shtml#justi](http://www.monografias.com/trabajos5/prevfuegos/prevfuegos.shtml#justi)
  - [www.construnario.com/notiweb/tematicos\\_resultado.asp?id=7&informe=3](http://www.construnario.com/notiweb/tematicos_resultado.asp?id=7&informe=3)
  - [www.tecnologiaignifuga.webs.com/tecnologiaignifuga.htm](http://www.tecnologiaignifuga.webs.com/tecnologiaignifuga.htm)
  - [www.maderpa.com](http://www.maderpa.com)
  - [www.PINTURAS%20tratamientos%20ignifugos/Gestion-del-fuego-proteccion-pasiva.htm#outer\\_page\\_5](http://www.PINTURAS%20tratamientos%20ignifugos/Gestion-del-fuego-proteccion-pasiva.htm#outer_page_5)
  - [www.plataformaarquitectura.cl/2009/11/12/volcan-a-prueba-de-fuego-evitar-tragedias-de-manera-economica-y-sencilla](http://www.plataformaarquitectura.cl/2009/11/12/volcan-a-prueba-de-fuego-evitar-tragedias-de-manera-economica-y-sencilla)

## IX. ANEXOS

- **Clasificación resistencia al fuego según NCh 935/2 - OF 84:**

Los elementos de construcción, una vez sometidos al ensayo de resistencia al fuego, se clasifican del siguiente modo:

No resistente: duración inferior a 15 minutos

Clase F 15 duración entre 15 y 29 minutos

Clase F 30 duración entre 30 y 59 minutos

Clase F 60 duración entre 60 y 89 minutos

Clase F 90 duración entre 90 y 119 minutos

Clase F 120 duración entre 120 y 149 minutos

Clase F 150 duración entre 150 y 179 minutos

Clase F 180 duración entre 180 y 239 minutos

Clase F 240 duración superior a 240 minutos

- **Ejemplo práctico de prevención de fuego por diseño en vivienda.**

*Texto extraído de [www.plataformaarquitectura.cl/2009/11/12/volcan-a-prueba-de-fuego-evitar-tragedias-de-manera-economica-y-sencilla](http://www.plataformaarquitectura.cl/2009/11/12/volcan-a-prueba-de-fuego-evitar-tragedias-de-manera-economica-y-sencilla)*

### **Ensayo realizado con Producto: Volcan®**

Este ensayo consistió en someter a un incendio inducido a dos prototipos de viviendas de 16mt<sup>2</sup> cada una. Ambas simulan ser una vivienda tradicional pareada con estructura de madera. Lo que diferencia a ambos prototipos son los materiales utilizados y la presencia de muro cortafuego en una de ellas. Mientras en la Casa N°1 se utilizaron materiales que comúnmente se ven en viviendas sociales (revestimientos de madera o de tableros de madera en interior y exterior y con poliestireno expandido como aislante en muros y techumbre) y no se implementó un muro cortafuego, la Casa N°3 se revistió con materiales Volcán®, Volcanita, Aislan y Aislanglass y Fibrocementos Volcán, materiales desarrollados para contrarrestar las acciones que el fuego puede ocasionar.

Para tener una situación mas acorde a la realidad que se tiene en estas viviendas, el ensayo se realizó siguiendo la norma de volumen de combustible que tiene cada una de las casas y fue realizado en presencia de un Supervisor del departamento de Certificaciones de Productos del Laboratorio Cesmec. La prueba en sí se prolongó durante una hora y media.



Mientras la Casa N°1 representa los materiales estándar de una vivienda básica, la Casa N°3 se diferencia por incorporar productos Volcán en todas sus partes excepto la estructura, piso y cubierta de techo. Específicamente la diferencia radica en el Revestimiento Interior, donde se usó Volcanita RF (resistente al fuego); Revestimiento Exterior donde se aplicó el Siding Fibrocemento; el Cielo, donde se usó Volcanita y en la Aislación en la cual se utilizó la Lana de Vidrio Aislanglass y la Lana Mineral Aislan®.

#### Conclusiones del ensayo:

Se observó 2 prototipos de viviendas construidas con distintos materiales, los cuales se sometieron a una misma carga de fuego durante el mismo período de tiempo. Las intenciones fueron medir las diferencias que se pueden generar solo en la correcta elección de materiales al momento de construir un inmueble. Mientras la Casa 1 representa una vivienda construida con los materiales que comúnmente son usados en la vivienda social, la Casa 3 representa una solución económica utilizando productos Volcán en los revestimientos exteriores, interiores, cielo y aislación.

Al ver los resultados las diferencias son evidentes. Tras la prueba de someter a ambas viviendas a un incendio de iguales características, podemos concluir que la resistencia de ambas viviendas frente al fuego fue completamente diferente. La Casa 1 sufrió severos daños, desapareciendo casi por completo el cielo y techumbre, gran parte del revestimiento exterior e interior y sufriendo además daños estructurales. El poliestireno que se utilizó como aislante en el cielo se derritió y cayó a modo de gotas que al contacto con fuego volvían a generar llama. Mientras que la Casa 3, pese a tener la misma estructura, la elección de materiales marcó una gran diferencia ya que al aplicar la misma carga de fuego, este se apagó rápidamente produciendo además bajas emisiones de humo. Al ver los daños se comprobó que las planchas de Volcanita en el interior no habían sufrido mayores daños, lo que en definitiva no produjo impactos en el revestimiento exterior, aislantes o estructura. Esto demuestra lo fundamental que es tener un buen criterio en la elección de materiales de construcción y en el método constructivo. Los revestimientos interiores y los aislantes son los primeros en tomar contacto con el fuego y su labor como retardantes son vitales para prevenir daños mayores en la estructura del edificio, evitando su propagación hacia el resto del edificio. Esta situación muestra además que es posible evitar tragedias frente al fuego en los inmuebles a través de soluciones sencillas y accesibles económicamente.