



## Frisos y tarimas de madera ignifugados en locales públicos según el CTE- DB SI

CÉSAR GARCÍA PORTO. DIRECTOR DE CALIDAD, I+D DE MOLDURAS DEL NOROESTE. LICENCIADO EN CIENCIAS QUÍMICAS

### INTRODUCCIÓN

MOLDURAS DEL NOROESTE S.L., empresa fabricante de frisos, molduras y tarimas, líder en el mercado nacional, al objeto de que sus productos cumplieren los requisitos de fuego establecidos en la legislación desarrolló dos proyectos relativos a revestimientos instalados en locales públicos, titulados:

- «Investigación y Desarrollo de Frisos y Tarimas ignifugos»,
- «Investigación del comportamiento de productos de madera maciza ignifugados frente a propiedades mecánicas, acústicas, evolución temporal y Clasificación frente a la Norma Europea EN 13501-1».

En el momento de iniciar los proyectos estaba vigente la NBE-CPI/96 que posteriormente fue sustituida por el Documento Básico de Seguridad en Caso de Incendio (DB SI – CTE), por lo que los ensayos de reacción al fuego se obtuvieron tanto con la antigua norma UNE 23.727 como con la nueva norma europea UNE EN 13501-1.

En el primer proyecto se consiguió fabricar industrialmente frisos y tarimas que fueron clasificados M1 en su reacción al fuego, por el Laboratorio del Fuego AFITLICO, del Ministerio de Industria.

El segundo proyecto, permitió demostrar que las propiedades mecánicas y acústicas de los productos ignifugados no difieren sustancialmente respecto a la madera sin tratar y que la madera mantiene su clasificación M1 aún después de ser sometida a severos ciclos de envejecimiento.

Además se efectuó un segundo estudio sobre la influencia en las propiedades mecánicas que se describe en la última parte de este artículo.

Los ensayos de reacción al fuego conforme a la nueva Normativa Europea arrojaron los resultados siguientes:

Frisonoble de pino rojo ignifugado barnizado: B – s 2, d 0

Frisonoble de pino tea ignifugado barnizado: B – s 2, d 0

Tarima de pino rojo ignifugado: B<sub>fl</sub> – s 1

Tarima de pino tea ignifugado: B<sub>fl</sub> – s 1

Estos resultados evidencian el cumplimiento de los requisitos del Código Técnico de la Edificación, en su DB de Seguridad en caso de incendios, que establece para revestimientos:

- colocados en lugares públicos: una reacción al fuego de C-s2, d0, para techos y paredes de zonas ocupables, que incluye tanto las zonas de permanencia como las de circulación que no sean protegidas.

- Colocados en los pasillos y escaleras protegidos, requieren para paredes y techos, B-s1,d0, y para suelos, C<sub>fl</sub>-s1, mientras que los recintos de riesgo especial (hospitales, etc.), requieren para paredes y techos, B-s1,d0, y para suelos, B<sub>fl</sub> – s1. Estos requisitos para recintos de riesgo especial, y pasillos y escaleras protegidos, también los cumplen los paneles sándwich elaborados con frisonoble ignifugado, conforme se especifica más adelante.

### DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE IGNIFUGACIÓN

La madera es tratada en autoclave con el protector ignífugo MNO-3, en ciclos de vacío-presión-vacío, de forma que el protector penetra totalmente en el interior de la madera. Se consigue así una retención comprendida entre 80 y 130 kg de sales ignífugas por cada m<sup>3</sup> de madera, dependiendo del tipo de madera que se trate. Ello modifica sustancialmente las propiedades eléctricas de la madera, lo cual hay que tener en cuenta en el secado de la misma. Posteriormente, la madera se seca y mecaniza. La tarima ya está lista para su empleo (se suministra sin barnizar). El frisonoble se somete a un proceso de barnizado con barniz de fondo uv ignífugo, lijado y barniz de acabado uv ignífugo.

### EL PRODUCTO IGNIFUGANTE

El ignífugo MNO-3 es un producto desarrollado en el departamento de I+D de Molduras del Noroeste S.L., compuesto por sales de Boro y otros productos hidrosolubles, que fue presentado al Ministerio de Sanidad y Consumo. Carece de toxicidad. No altera significativamente las propiedades mecánicas de la madera natural. El producto es higroscópico, por lo que la madera no debe someterse a ambientes muy húmedos. No es adecuado para uso exterior.

### ESTUDIO TÉRMICO Y MICROSCÓPICO DE LA MADERA IGNIFUGADA

Fue realizado por el Departamento de Química Fundamental de la Facultad de Ciencias de la Universidad de La

Coruña, con el objeto de analizar el comportamiento de muestras de madera tratada y sus serrines, en relación a las muestras sin tratar. Las muestras de madera y serrines, tratados y sin tratar, fueron estudiados mediante las siguientes técnicas analíticas: Microscopía Electrónica de Barrido (SEM), Fluorescencia de Rayos X, Reflectancia Difusa, Espectroscopía Infrarroja (IR), Análisis Termogravimétrico (ATG) y Análisis Térmico Diferencial (ATD).

Del estudio pueden extraerse las siguientes conclusiones:

- No se aprecian diferencias significativas de aspecto entre la madera tratada y la madera sin tratar. Sin embargo se aprecian diferencias importantes en el espesor de la pared celular, resultando ser un 50% superior en la madera tratada. Este estudio muestra que el producto ignífugo se difunde hasta la pared celular y queda fijado en ésta.
- La presencia de los productos ignífugantes puede ser seguida por técnicas sencillas, como la espectroscopía infrarroja.
- La efectividad del producto ignífugo queda demostrada en el estudio térmico, apreciándose su efecto por dos mecanismos de acción, modificando la cinética del proceso y limitando el desprendimiento de gases volátiles e inflamables, que prosiguen la pirólisis antes de producir la llama.
- En la combustión de la madera tratada se obtiene, como es lógico, un residuo ligeramente mayor, que debe corresponder, al menos en parte, a los óxidos inorgánicos originados en la descomposición térmica de las sales inorgánicas del tratamiento y a los restos de madera carbonizada que no se ha quemado al estar recubierta de agente ignífugante.
- En las muestras tratadas, el proceso de degradación térmica está cinéticamente desfavorecido por el efecto inhibitorio de la llama de los productos retardantes. Sin embargo, la descomposición es más limpia, ya que los productos ignífugos favorecen que los productos destilados sean mayoritariamente CO<sub>2</sub> y vapor de agua.
- También disminuye aparentemente la emisión de humos, si bien esta

determinación se ha realizado cualitativamente y no se ha realizado un estudio de la opacidad de los mismos, pero concuerda con la menor emisión de fases detectada en el ATG y en el infrarrojo.

- Tras la impregnación con el producto ignífugo, el comportamiento de la madera y serrines tratados se modifica con respecto a la madera sin tratar, tanto por la velocidad de descomposición, como por los productos liberados, desactivando los mecanismos de formación de llama.

- Entre los mecanismos de actuación de los productos ignífugos, destacan dos como los más importantes:

1. Funden, recubriendo las partículas de madera e impidiendo el acceso del Oxígeno, lo que dificulta la formación de brasa, e impidiendo que el proceso de combustión se complete.

2. En su proceso de descomposición, liberan sustancias que extinguen la llama (H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, radicales libres...). Además, modifican los procesos de descomposición, en el sentido de que, al inhibir la formación de brasas, dificulta la etapa final del proceso de combustión. Esta es la razón por la que se obtienen más residuos en la combustión de la madera ignifugada

## **INFLUENCIA EN LA RESISTENCIA AL FUEGO. NUEVOS DESARROLLOS**

Una vez acreditada la eficacia del producto y del proceso ignífugante, en la reducción de la Reacción al Fuego de la madera, Molduras del Noroeste, en colaboración con el Centro Tecnológico de la Madera de Galicia (CIS Madera) y otras importantes empresas del sector en Galicia, mediante un Proyecto de Investigación que fue presentado a la Dirección Xeral de Investigación de la XUNTA DE GALICIA, estudió la eficacia del producto y proceso de ignifugación en la modificación de la Resistencia al Fuego de la madera ignifugada. Además, se estudió la reacción al fuego de paneles sándwich cuya primera capa estaba formada por frisonoble de pino rojo ignifugado. Con este proyecto se pretendía, en función de sus resultados, abrir nuevos horizontes para el

uso de la madera.

En lo que se refiere a la reacción al fuego de los paneles sándwich cuya cara vista estaba formada por frisonoble ignifugado, el resultado fue B - s1, d0. El resultado de la emisión de humos (s1), mejora a la obtenida por el friso (s2), quizás debido a que, a diferencia del panel sándwich, que va sujeto a la pared, el friso se ensayó montado sobre rastrel y esa cámara de aire que existe entre el friso y la pared puede producir el efecto de tiro de chimenea, aumentando así la emisión de humos. Por la misma razón, la tarima (que se ensaya sin rastrel) también está clasificada como s1. Respecto a la influencia del tratamiento de ignifugación en la mejora de la resistencia al fuego de la madera, no se evidenciaron mejoras sustanciales en los ensayos efectuados hasta la fecha. En primer lugar se ensayó la resistencia al fuego de dos vigas laminadas, una de las cuales se había elaborado partiendo de tablas ignifugadas. Se utilizó un adhesivo de melamina para ambas vigas y se elaboraron en una empresa fabricante de madera laminada, bajo la supervisión del CIS Madera. Los resultados de la resistencia al fuego fueron similares para ambas vigas, si bien se constató una apreciable disminución de flecha en la viga de madera ignifugada. Se creyó conveniente efectuar un segundo ensayo de resistencia partiendo de vigas elaboradas con tablas idénticas. Este segundo ensayo estaría condicionado a la realización de un ensayo previo de velocidad de carbonización. Si se evidenciase una reducción importante en la velocidad de carbonización de la madera ignifugada, respecto a la madera natural, se repetiría el ensayo de resistencia. Los ensayos de velocidad de carbonización que se realizaron en el laboratorio de AFITI-LICOF (Arganda del Rey), se repitieron en dos ocasiones y arrojan unos resultados poco optimistas, pues las reducciones alcanzadas son tan poco apreciables (desde el 3 al 12% aprox.) que no justifican repetir el ensayo de resistencia.



## INFORME SOBRE EL EFECTO DE UN TRATAMIENTO DE IGNIFUGADO EN PROFUNDIDAD SOBRE LAS PROPIEDADES DE PINO SILVESTRE Y PINO PINASTER. CIS MADERA (set/06)

Este informe fue elaborado por el «Centro de Innovación e Servicios Tecnológicos da Madeira (CIS-Madeira)», a petición de Molduras del Noroeste, para determinar el efecto de un tratamiento de ignifugado en profundidad con el producto MNO-3, sobre las propiedades de 3 especies de madera: pino gallego (*pinus pinaster*), pino rojo (*pinus sylvestris*) y eucalipto (*eucalyptus glóbulus*). Se omiten los datos relativos al eucalipto debido a que los valores de absorción y retención de producto en la madera fueron muy pequeños.

- Se seleccionaron 8 tablas de cada especie de pino de 2500 x 100 x 32 mm, de las que se obtuvieron 2 semitablas simétricas de 1,2 m. de longitud, una de las cuales fue tratada y otra sin tratar. De cada semitabla se han obtenido hasta cuatro lotes de probetas pequeñas, libres de defectos, para la realización de los ensayos.

- Las propiedades determinadas fueron: contenido de humedad, peso específico, resistencia a flexión estática,

módulo de elasticidad, dureza Brinnell, higroscopicidad y variaciones dimensionales. En total se realizaron unos 1.400 ensayos. La densidad, la dureza, la resistencia a la flexión estática y el módulo de elasticidad se han obtenido ensayando unas 170 probetas. La humedad de equilibrio higroscópico y las variaciones dimensionales se determinaron mediante el ensayo de 96 probetas. Adicionalmente, se determinó el contenido de humedad de unas 500 probetas. En estos ensayos, se incluyen los aplicados al eucalipto.

- El contenido de humedad se determinó conforme a UNE 56529-77 «Características físico-mecánicas de la madera. Determinación del contenido de humedad por desecación hasta el estado anhidro».

- El peso específico, conforme a UNE-56.531-77 «Características físico-mecánicas de la madera. Determinación del peso específico».

- La dureza, conforme a UNE-EN 1534 «Suelos de madera y parquet. Determinación de la resistencia a la huella Brinnell».

- La resistencia a la flexión estática y

el módulo de elasticidad, conforme a UNE 56.537-79 «Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la flexión estática». La máquina universal empleada permite el cálculo adicional del módulo de elasticidad.

- La higroscopicidad se determinó sometiendo las probetas a 3 climas sucesivos: 20°C y 65% HR; 20° C y 85 % HR; y 20°C y 30% HR.

- Las variaciones dimensionales se calcularon sometiendo las probetas a un ciclo de 4 semanas a 20°C y 65% HR, y otras 4 a 20°C y 85% HR. En cada clima se midieron sus dimensiones y su peso y, posteriormente, se determinó su contenido de humedad por desecación hasta el estado anhidro.

- Los coeficientes de contracción radial y tangencial se determinaron conforme a UNE 56.533-77 «Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de las contracciones lineal y volumétrica»

### DENSIDAD (20°C/65%HR).

64 probetas, 32 de cada especie y tratamiento

Pinus sylvestris	Sin ignifugar	ignifugado	Variación %
Valor medio (kg/m <sup>3</sup> )	562	584	+ 3.9
S (kg/m <sup>3</sup> )	22.2	32.2	
c.v.	0,04	0,06	
Pinus pinaster	Sin ignifugar	ignifugado	
Valor medio (kg/m <sup>3</sup> )	576	629	+ 9.2
S (kg/m <sup>3</sup> )	44,5	55,9	
c.v.	0,08	0,09	

### HUMEDAD DE EQUILIBRIO HIGROSCÓPICO (%)

(32 probetas, 16 sin ignifugar y 16 ignifugadas)

<i>Pinus sylvestris</i>	Madera normal			Madera ignifugada		
	Clima 1 65%HR	Clima 285%HR	Clima 330%HR	Clima 1 65%HR	Clima 285%HR	Clima 330%HR
Media (%)	14.1	19.3	7.7	16.9	42.4	8.2
S	0.2	0.6	0.1	0.6	5.0	0.1
c.v.	0.01	0.03	0.02	0.03	0.12	0.01
<i>Pinus pinaster</i>	Madera normal			Madera ignifugada		
	Clima 1 65%HR	Clima 285%HR	Clima 330%HR	Clima 1 65%HR	Clima 285%HR	Clima 330%HR
Media (%)	14.3	19.9	7.7	17.0	32.7	8.2
S	0.6	0.6	0.4	1.1	2.9	1.0
c.v.	0.04	0.03	0.05	0.07	0.09	0.13

#### DUREZA BRINNELL

(64 probetas, 32 sin ignifugar y 32 ignifugadas)

	Sin ignifugar	ignifugado	Variación %
<i>Pinus sylvest.</i>			
N/mm <sup>2</sup> (media)	17.8	18.6	+ 4.5
Desv. Típ.	2.1	3.0	
c.v.	0.12		0.26
<i>Pinus pinast.</i>			
N/mm <sup>2</sup> (media)	17.9	18.7	+ 4.5
Desv. Típ.	4.1	5.2	
c.v.	0.23	0.27	

#### RESISTENCIA A LA FLEXIÓN ESTÁTICA

(64 probetas, 32 sin ignifugar y 32 ignifugadas)

	Sin ignifugar	ignifugado	Variación %
<i>Pinus sylvest.</i>			
MOR N/mm <sup>2</sup> (med.)	84.0	75.8	- 9.8
Desv. Típ.	7.0	7.4	
c.v.	0.08	0.10	
<i>Pinus pinast.</i>			
MOR N/mm <sup>2</sup> (med.)	76.8	71.1	- 7.4
Desv. Típ.	7.1	5.9	
c.v.	0.09	0.08	

#### MÓDULO DE ELASTICIDAD

(64 probetas, 32 sin ignifugar y 32 ignifugadas)

	Sin ignifugar	ignifugado	Variación %
<i>Pinus sylvest.</i>			
MOE N/mm <sup>2</sup> (med.)	9772.3	8982.7	- 8.0
Desv. Típ.	786.5	846.9	
c.v.	0.08	0.09	
<i>Pinus pinast.</i>			
MOE N/mm <sup>2</sup> (med.)	7855.0	7294.8	- 7.1
Desv. Típ.	1128.2	918.6	
c.v.	0.14	0.13	

#### VARIACIÓN DIMENSIONAL (%)

(32 probetas, 16 sin ignifugar y 16 ignifugadas)

<i>P. Pinaster</i>	Sin ignifugar		ignifugado		
	radial	tangencial	radial	tangencial	
Media	0.9	1.6	0.7	1.1	
Desv típ.0.3	0.3	0.3	0.4		
c.v.	0.36	0.16	0.43	0.35	
<i>P. sylvestris</i>	Sin ignifugar		ignifugado		
	radial	tangencial	radial	tangencial	
Media	1.3	1.5	0.8	1.3	
Desv típ.0.3	0.3	0.2	0.2		
c.v.	0.27	0.18	0.27	0.19	

#### CONCLUSIONES DEL INFORME DEL CIS

Al interpretar los resultados del informe, debe considerarse la influencia de varios factores, como la retención de producto ignifugante en cada probeta, el carácter higroscópico del producto, su influencia en la alteración de la humedad de equilibrio higroscópico, etc.

Es especialmente significativa la variación de la humedad de equilibrio higroscópico de la madera ignifugada, respecto a la madera sin ignifugar. Esta variación puede explicar, al menos en parte, el efecto que tiene sobre la alteración del módulo de elasticidad y de la resistencia a la flexión estática, debido a que en las condiciones de humedad y temperatura en que se efectúan los ensayos, la madera ignifugada posee unos 3 grados más de humedad que la madera sin tratar, y a esa humedad los valores del módulo de elasticidad y de la resistencia a la flexión estática de la madera natural disminuyen en un porcentaje parecido.

Todavía llama más la atención la humedad de equilibrio higroscópico que alcanzan las maderas ignifugadas en el clima 2 (20°C y 85% de HR). Así, mientras las probetas de pino sin tratar alcanzan una humedad de equilibrio entre el 19 y el 20%, las probetas ignifugadas alcanzan valores de entre el 32% y el 42%, que superan incluso el valor de humedad de saturación de la fibra. Para poder interpretar correctamente estos resultados, debe considerarse el carácter fuertemente higroscópico de las sales ignifugantes que hace que el agua se adhiera a las sales y no hinchen las fibras de la madera. Por eso el incremento de humedad de las piezas ignifugadas no lleva aparejada un hinchamiento de las mismas en la cuantía que sería de esperar sino que, conforme a los valores indicados en la tabla, se produce, respecto a la madera sin ignifugar, una reducción media en sus variaciones dimensionales en torno al 25%.

En resumen, puede concluirse que el tratamiento de ignifugación aplicado a las maderas de pino pinaster y pino silvestre, produce un aumento de la densidad en torno a un 4% para el silvestre y un 9% para el pinaster. Produce asimismo un incremento en la dureza Brinnell de un 4.5% en ambas maderas y una disminución de su Módulo de Elasticidad y de su resistencia a la Flexión estática, a consecuencia quizás del aumento de su humedad de equilibrio higroscópico. Por último, aumenta su estabilidad dimensional en un 25% aproximadamente.







## INTERPRETACIÓN DE UN INFORME DE CLASIFICACIÓN DE REACCIÓN AL FUEGO

Para entender el significado de un certificado de clasificación de reacción al fuego, conforme a la Norma UNE-EN-13501, decir consta de tres letras, una primera, mayúscula que clasifica la combustibilidad del material ensayado, una segunda «s» minúscula que clasifica la emisión de humos de acuerdo al número que la acompaña, y una tercera «d» minúscula que clasifica la caída de gotas o partículas inflamadas de acuerdo al número que la acompaña.

Así, los materiales ensayados se clasifican de acuerdo a su combustibilidad:

- A1 No combustible. Sin contribución en grado máximo al fuego
- A2 No combustible. Sin contribución en grado mínimo al fuego
- B Combustible. Contribución muy limitada al fuego
- C Combustible. Contribución limitada al fuego
- D Combustible. Contribución mediana al fuego
- E Combustible. Contribución alta al fuego
- F Sin clasificar

En cuanto a emisión de humos:

- s1 Baja cantidad y velocidad de emisión
- s2 Media cantidad y velocidad de emisión
- s3 Elevada cantidad y velocidad de emisión

En cuanto a emisión de gotas o partículas inflamadas:

- d0 No se producen gotas inflamadas
- d1 No se producen gotas inflamadas de duración mayor que 10 segundos
- d2 Productos no clasificados en los niveles anteriores