



# Estructuras de madera

## 5.4. Tratamientos protectores

1. Protección superficial
2. Protección en profundidad
3. Modificación térmica y química

## 5.4. Tratamientos protectores de la madera

## PROTECCIÓN DE LA MADERA

### ESTABILIDAD DIMENSIONAL

Cambios en las dimensiones en función del contenido de humedad

### DURABILIDAD

Resistencia a la degradación de agentes abióticos y bióticos

#### POR DISEÑO

#### SUPERFICIAL

Recubrimientos

#### EN PROFUNDIDAD

Impregnación

Modificación

Protección  
superficial

## PROTECCIÓN DE LA MADERA

### DURABILIDAD

#### SUPERFICIAL

#### Recubrimientos

- Pinturas
- Barnices
- Semi-transparentes
- Lasures
- Aceites



Fuente: Dieste 2014; modificado de Bulian y Greystone 2009

## PROTECCIÓN DE LA MADERA

### DURABILIDAD

#### SUPERFICIAL

Envejecimiento natural  
(EN 927-3)



Fuente: Peraza Sánchez 2001

Envejecimiento acelerado  
(EN 927-3)



Fuente: Dieste 2014. CETEMAS (España)



## PROTECCIÓN DE LA MADERA

### DURABILIDAD

#### SUPERFICIAL



### EN 927-3

Pinturas y barnices. Envejecimiento artificial de los recubrimientos para madera mediante la exposición a lámparas UV fluorescentes y al agua

## PROTECCIÓN DE LA MADERA

## DURABILIDAD

## SUPERFICIAL

## BARNIZ

Barniz a poro cerrado. Superficie lisa e uniforme.  
Sin tratamientos protectores.



## LASUR

Barniz a poro abierto. Permite adaptarse a los  
Movimientos de la madera en función del CH.  
Con tratamientos insecticidas y/o fungicidas.  
Más indicado en clases de servicio 2 y 3.





## PROTECCIÓN DE LA MADERA

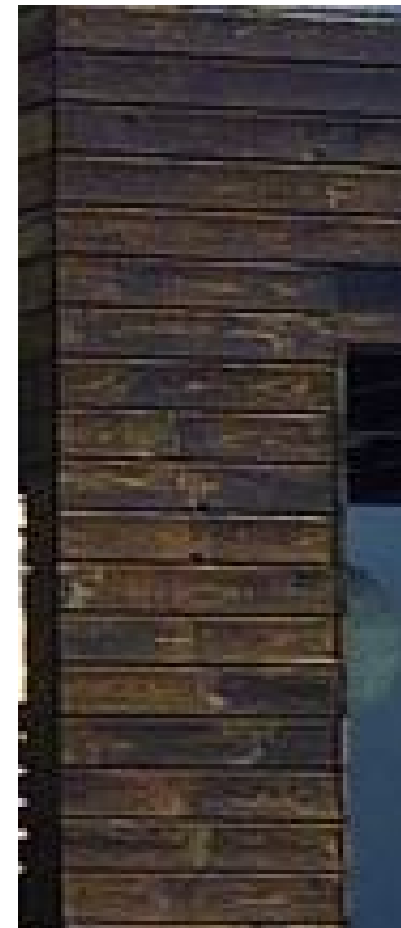
### DURABILIDAD

#### SUPERFICIAL

#### BARNIZ



#### LASUR



Protección en  
profundidad

# PROTECCIÓN DE LA MADERA

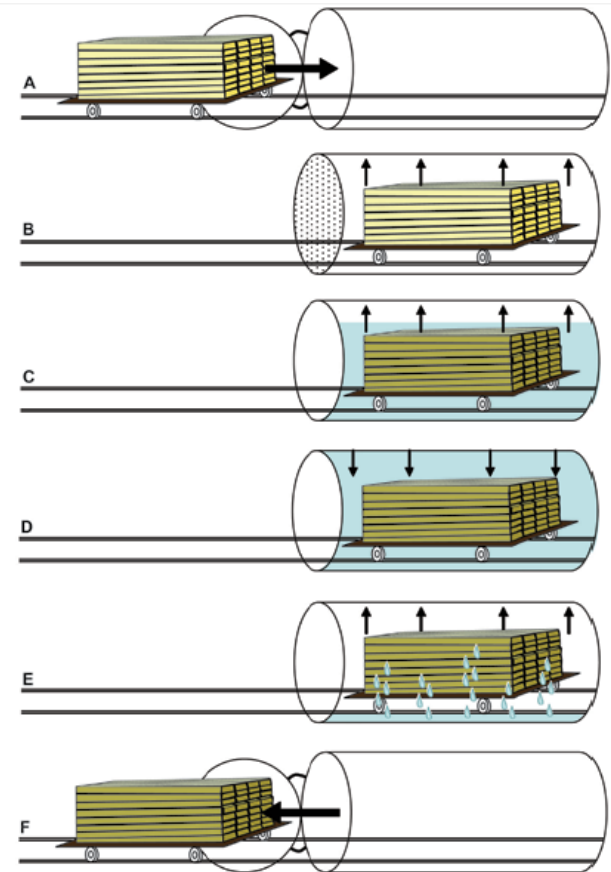
## DURABILIDAD



Fuente: USDA FPL 2010

### EN PROFUNDIDAD

### Impregnación



## PROTECCIÓN DE LA MADERA

### DURABILIDAD

## Formulaciones

### Interior de edificios

- Boratos
- Insecticidas

### Exterior expuesta

- Amonio cuaternario de cobre (ACQ)
- Cromo-cobre-boro (CCB)
- Bis-(N-ciclohexildiazeniumdioxil)-cobre (Cu HDO)

### Contacto con el suelo

- Creosota
- Cromo-cobre-arsénico (CCA)

### Contacto con agua marina

- Creosota
- Cromo-cobre-arsénico (CCA)

### EN PROFUNDIDAD

### Impregnación



## PROTECCIÓN DE LA MADERA

### DURABILIDAD

## Formulaciones

### Interior de edificios

- Boratos
- Insecticidas

### Exterior expuesta

- Amonio cuaternario de cobre (ACQ)
- Cromo-cobre-boro (CCB)
- Bis-(N-ciclohexildiazeniumdioxil)-cobre (Cu HDO)

### Contacto con el suelo

- Creosota
- Cromo-cobre-arsénico (CCA)

### Contacto con agua marina

- Creosota
- Cromo-cobre-arsénico (CCA)

Usos restringidos o prohibidos en diversos países (EEUU, CE, Japón)

### EN PROFUNDIDAD

#### Impregnación





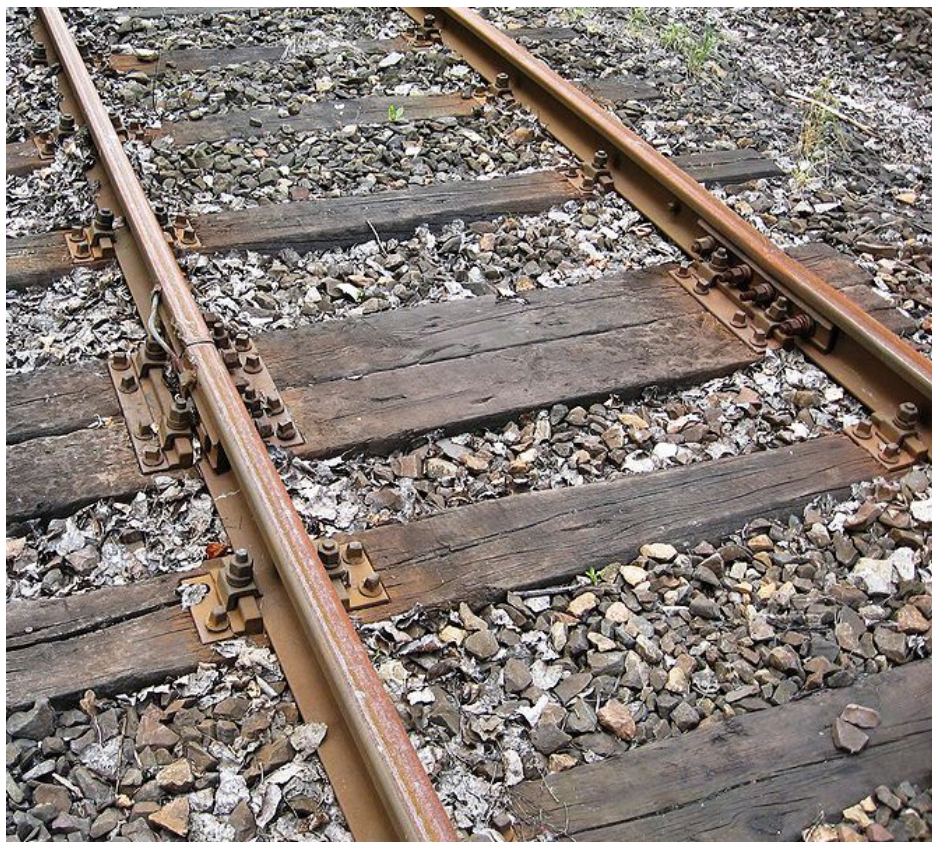
## PROTECCIÓN DE LA MADERA

DURABILIDAD

EN PROFUNDIDAD

Impregnación

### Protección imprescindible





## PROTECCIÓN DE LA MADERA

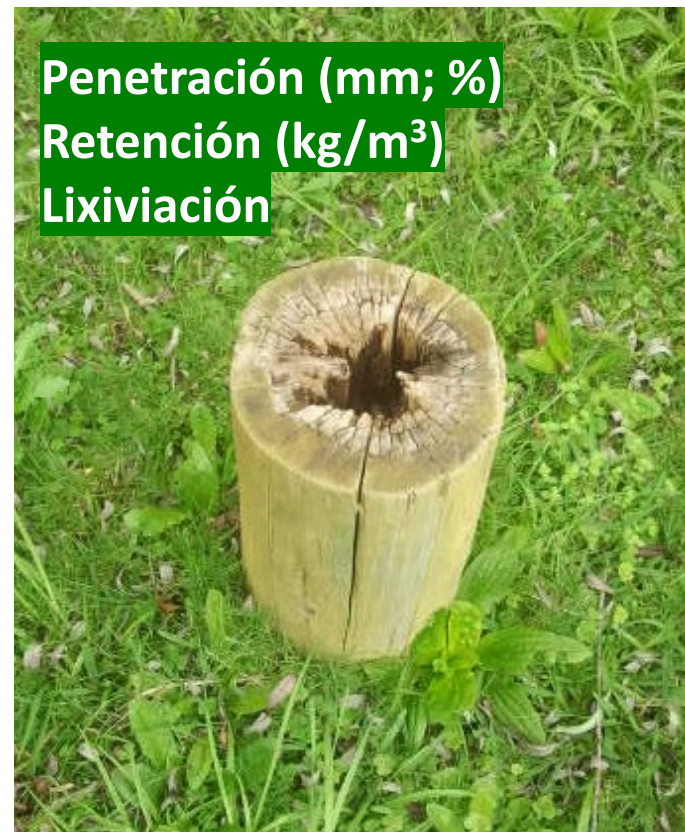
### DURABILIDAD

EN PROFUNDIDAD

Impregnación



Penetración (mm; %)  
Retención (kg/m<sup>3</sup>)  
Lixiviación



# PROTECCIÓN DE LA MADERA

ESTABILIDAD DIMENSIONAL

DURABILIDAD

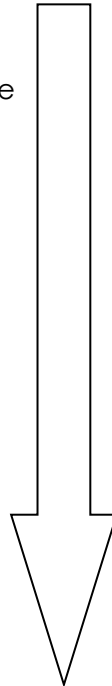
EN PROFUNDIDAD

Impregnación

Modificación

Legislación que regula el uso de biocidas

Año	Protector restringido o prohibido
1990	
1991	
1992	
1993	Pentaclorofenato de sodio
1994	
1995	
1996	
1997	
1998	
1999	
2000	
2001	
2002	
2003	Creosota
2004	
2005	
2006	CCA Cromo (biocida)
2007	
2008	Quinolato de cobre Naftenato de cobre
2009	Acido bórico Óxido bórico
2010	



- Directiva Europea 1998/08
- Directiva Europea 2003/02
- REACH 2006/12



## PROTECCIÓN DE LA MADERA

ESTABILIDAD DIMENSIONAL

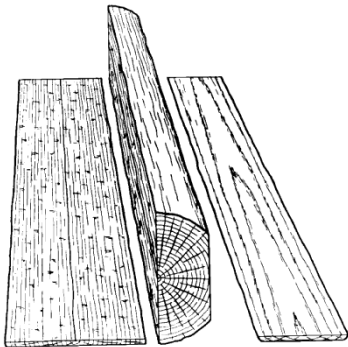
DURABILIDAD

EN PROFUNDIDAD

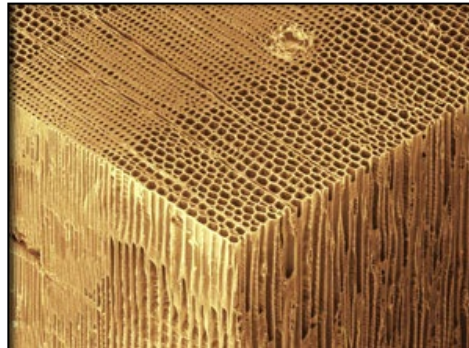
Impregnación

Modificación

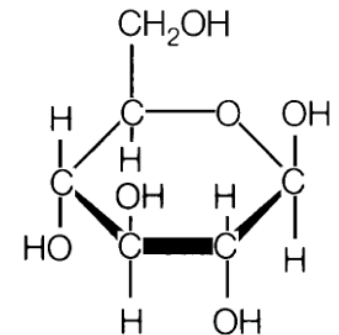
- La modificación de la madera ocurre a nivel celular
- Componentes de la madera: celulosa, lignina y hemicelulosa
- Reactividad de la madera: grupos OH celulosa



Fuente: USDA FPL 2010



Fuente: www.esf.edu 2009



Fuente: Dieste 2014

Modificación  
térmica



## PROTECCIÓN DE LA MADERA

ESTABILIDAD DIMENSIONAL

DURABILIDAD

EN PROFUNDIDAD

Impregnación

Modificación térmica

Tratamiento	Temperatura (°C)	Atmósfera/Inmersión
PlatoWood <sup>®</sup>	160-190	Vapor de agua
RetiWood <sup>®</sup>	200-240	Nitrógeno
ThermoWood <sup>®</sup>	100-230	Vapor de agua y agua
Bois Perdure <sup>®</sup>	200-240	Vapor de agua
OHT <sup>®</sup>	180-200	Aceite vegetal

## PROTECCIÓN DE LA MADERA

ESTABILIDAD DIMENSIONAL

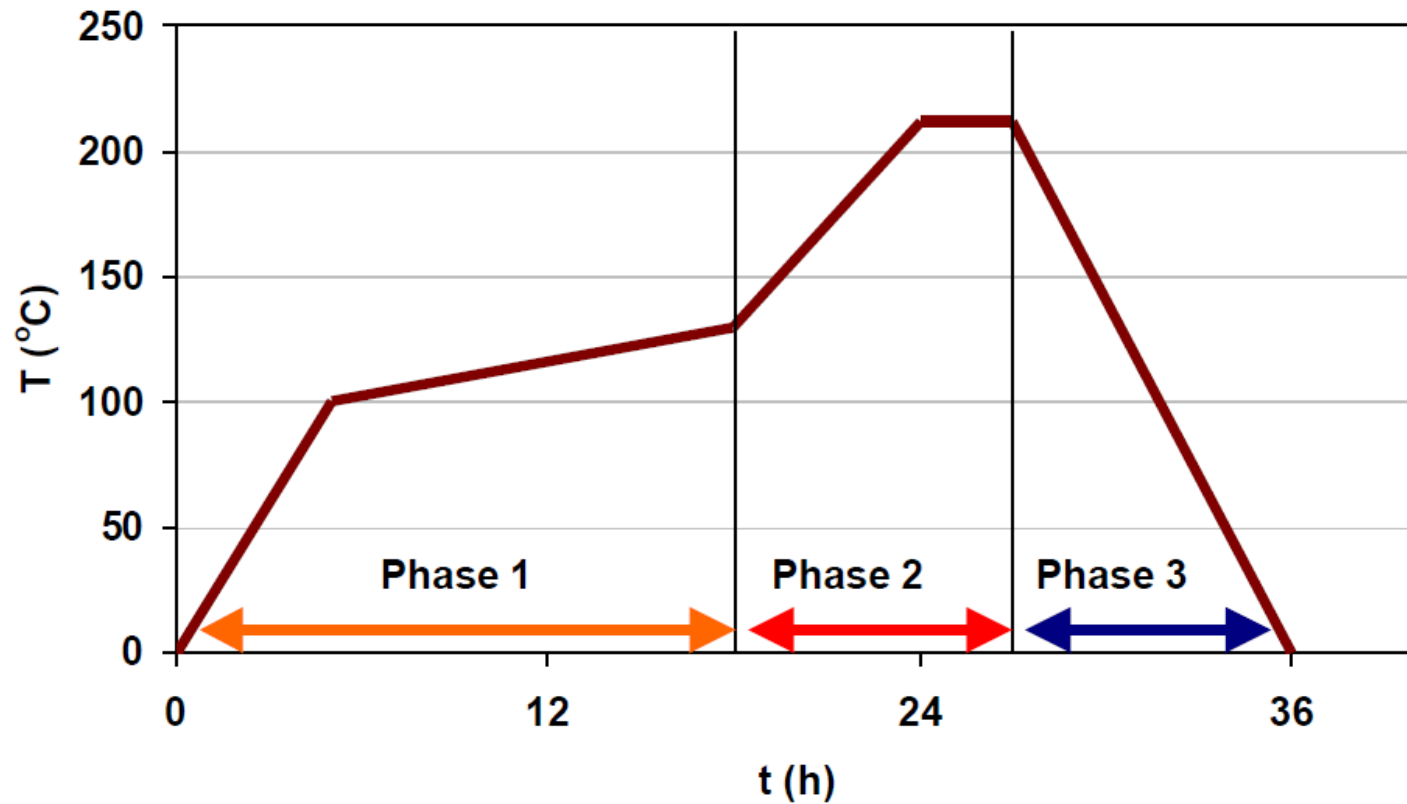
DURABILIDAD

EN PROFUNDIDAD

Impregnación

Modificación térmica

### Proceso ThermoWood®



Fuente: [www.thermowood.fi](http://www.thermowood.fi) 2013

## PROTECCIÓN DE LA MADERA

ESTABILIDAD DIMENSIONAL

DURABILIDAD

EN PROFUNDIDAD

Impregnación

Modificación térmica

### Ventajas

- Mejora durabilidad
- Disminuye higroscopia
- Mejora estabilidad dimensional
- Proceso relativamente simple
- Competencia entre procesos en el mercado

### Desventajas

- Disminuyen propiedades mecánicas
- Oscurecimiento de la madera
- Reduce resistencia a la abrasión
- Tendencia a fendas y rajaduras
- Olor característico a azúcar quemado

## PROTECCIÓN DE LA MADERA

ESTABILIDAD DIMENSIONAL

DURABILIDAD

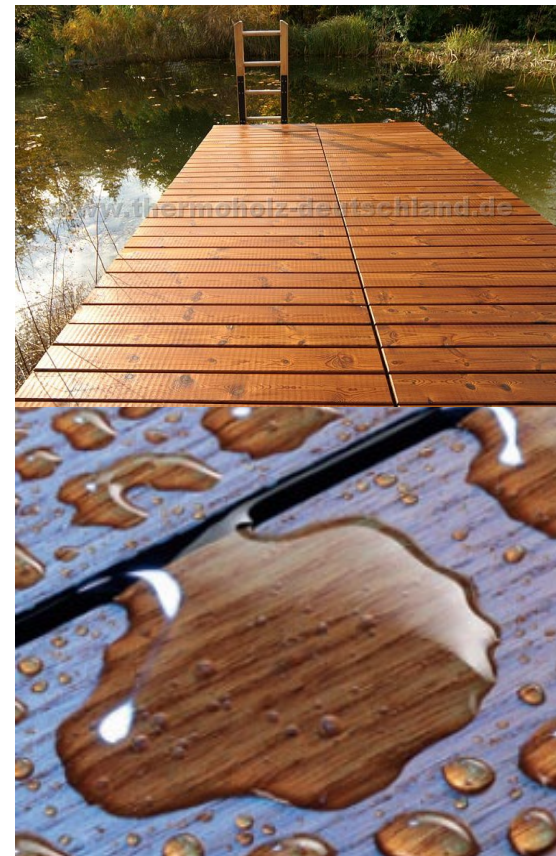
EN PROFUNDIDAD

Impregnación

Modificación térmica



Photo: International ThermoWood Association



Modificación  
química



## PROTECCIÓN DE LA MADERA

ESTABILIDAD DIMENSIONAL

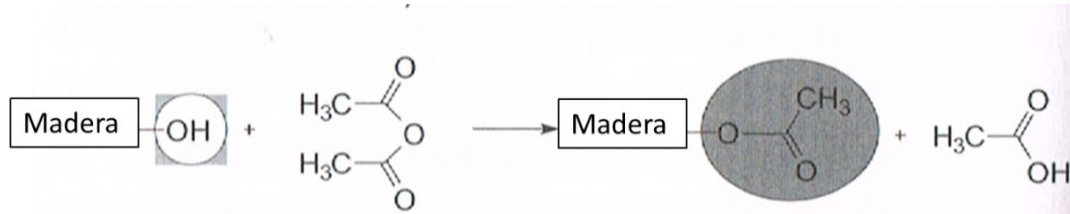
DURABILIDAD

ACETILACIÓN

EN PROFUNDIDAD

Impregnación

Modificación química



Fuente: Dieste, adaptado de Militz y Mai 2008

Saturación de la pared celular de la madera con anhídrido acético con el fin de reemplazar los grupos hidroxilos libres de las macromoléculas celulosa y hemicelulosa. Se produce la muerte de los hongos por falta de alimento.

Con esta modificación química de la madera se mejora la estabilidad dimensional y la resistencia a agentes xilófagos

## PROTECCIÓN DE LA MADERA

ESTABILIDAD DIMENSIONAL

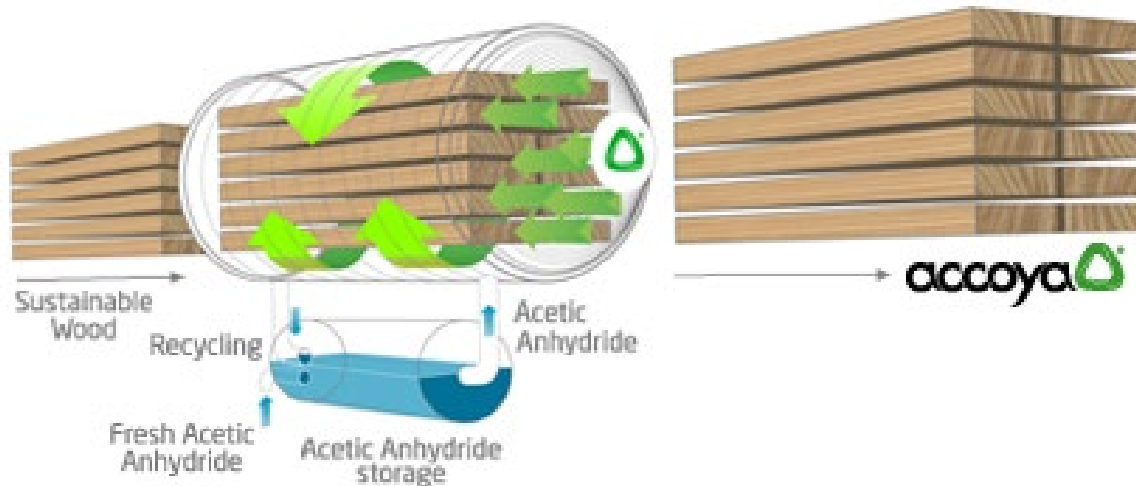
DURABILIDAD

ACETILACIÓN

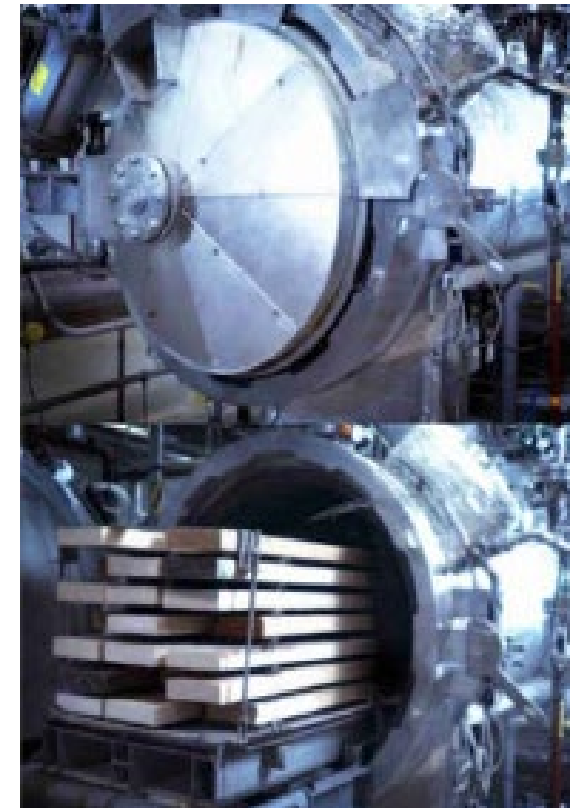
EN PROFUNDIDAD

Impregnación

Modificación química



Fuente: [www.accoya-timspec.co.nz](http://www.accoya-timspec.co.nz) 2013



Fuente: [www.accoya.com](http://www.accoya.com) 2009

## PROTECCIÓN DE LA MADERA

ESTABILIDAD DIMENSIONAL

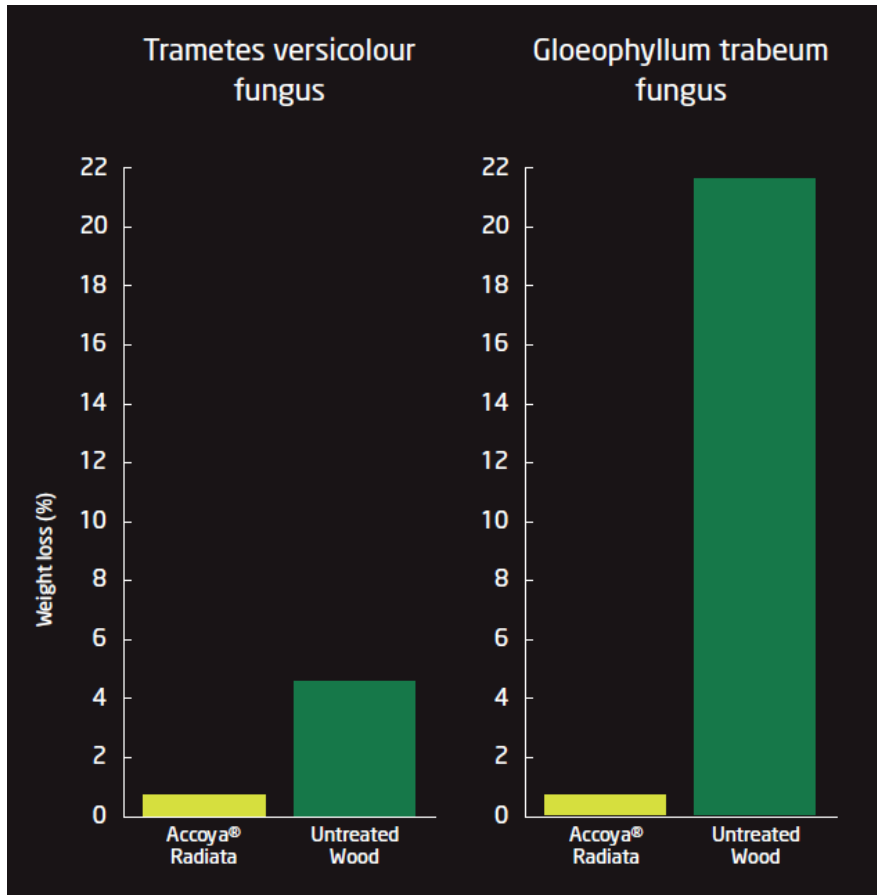
DURABILIDAD

ACETILACIÓN

EN PROFUNDIDAD

Impregnación

Modificación química



Durabilidad



Fuente: Dieste 2014. [www.accoya.com](http://www.accoya.com) 2013

## PROTECCIÓN DE LA MADERA

ESTABILIDAD DIMENSIONAL

DURABILIDAD

ACETILACIÓN

EN PROFUNDIDAD

Impregnación

Modificación química

MOSES BRIDGE  
USES ACCOYA  
WOOD, THE  
NETHERLANDS

Moses Bridge designed by RO&AD architects boasts performance in-ground and in freshwater



[www.accoya.com](http://www.accoya.com)



## PROTECCIÓN DE LA MADERA



[www.accoya.com](http://www.accoya.com)

## PROTECCIÓN DE LA MADERA

### ESTABILIDAD DIMENSIONAL

ACETILACIÓN

FURFURILACIÓN

### DURABILIDAD

EN PROFUNDIDAD

Impregnación

Modificación química

Furfurilación es el tratamiento de la madera con alcohol Furfuryl. Este alcohol se fabrica industrialmente del componente químico furfural, que es un derivado de productos de la agricultura, maíz, avena, serrín, etc., por lo que no es un producto biocida.

Le confiere a la madera un color más oscuro y le da Resistencia frente al ataque de hongos e insectos, así como una reducción de la humedad, mayor estabilidad dimensional y mayor dureza.

Fuente: adaptado de Mai K. (2009)



# Referencias

- Beyer G, Defays M, Fischer M, et al. (2011) Frente al cambio climático: utiliza madera. 86 p.
- Bulian F, Graystone J (2009) Wood coatings. Theory and practice. Elsevier, Amsterdam
- Dieste (2014) Mitigación del impacto ambiental de madera tratada químicamente. Ministerio de Industrias, Energía y Minerías – Dirección Nacional de Industrias. 24 p.
- FAO (2005) Trend in wood products 1961-2003. 55 p.
- Forest Products Laboratory (2010) Wood Handbook - Wood as Engineering Material. USDA - FPL, Madison
- Frühwald A, Ressel JB, Bernasconi A (2003) Hochwertiges Brettschichtholz aus Buchenholz. 181.
- Hill C (2006) Wood modification. Chemical, Thermal and Other Processes. John Wiley&Sons
- Hon D, Shiraishi N (2001) Wood and cellulosic chemistry. Marcel Dekker, New York
- Militz H, Mai C (2008) Holzschutz. Taschenb. Holztech.
- Peraza Sánchez F (2001) Protección preventiva de la madera. AITIM, Madrid
- Solo-Gabriele HM, Townsend T, Messick B, Calitu V (2002) Characteristics of chromated copper arsenate-treated wood ash. J Hazard Mater B89:213–232.
- Thybring E (2013) The decay resistance of modified wood influenced by moisture exclusion and swelling reduction. Int Biodeterior Biodegrad 82:87–95.
- Verma P, Dyckmans J, Militz H, Mai C (2008) Determination of fungal activity in modified wood by means of micro-calorimetry and determination of total esterase activity. Appl Microbiol Biotechnol 80:125–133. doi: 10.1007/s00253-008-1525-z
- Wagenführ A, Scholz F (2008) Taschenbuch der Holztechnik. Hanser, Munich
- Williams RS (2005) Weathering of wood. Handb. Wood Chem. Wood Compos. CRC Press, Boca Ratón, pp 139–185
- Xie Y, Krause A, Militz H, Mai C (2008) Weathering of uncoated and coated wood treated with methylated 1,3-dimethylol-4,5-dihydroxyethylenurea (mDMDHEU). Holz Als Roh- Werkst 66:455–464. doi: 10.1007/s00107-008-0270-4
- Xie Y, Fu Q, Wang Q, et al. (2012) Effects of chemical modification on the mechanical properties of wood. Eur J Wood Prod. doi: 10.1007/s00107-013-0693-4





GRACIAS POR  
LA ATENCIÓN

FACULTAD DE  
INGENIERIA

