



## **PROTECCIÓN DE LA MADERA - Durabilidad natural y Agentes degradadores**

La madera como material de origen orgánico (compuesta fundamentalmente por celulosa y lignina) es especialmente estable, no obstante por su propia naturaleza constituye la base de alimentación de organismos vivos del reino vegetal (hongos) y del reino animal (insectos, moluscos, crustáceos, aves); así mismo puede ser atacada por algunos compuestos químicos; y la existencia de carbono en la celulosa hace que sea un material combustible.

No todas las maderas son igualmente atacables y su resistencia a los distintos agentes degradadores es variable. Surge entonces el concepto de "durabilidad natural" que junto con el concepto de impregnabilidad (facilidad para introducir un producto en el interior de la madera) se pueden considerar como el origen de las técnicas de protección de la madera. La protección de la madera se debe considerar como algo natural, sin olvidar que casi todos los materiales necesitan una protección.

Su principal objetivo es ampliar las aplicaciones de los productos de madera. Lo más importante es tratar que permanezca seca y después el empleo de productos protectores que permiten utilizarla en una gran variedad de condiciones de servicio.

La información sobre este tema se ha organizado en los siguientes bloques informativos:

- Durabilidad natural e impregnabilidad
- Agentes degradadores
- Protección contra organismos xilófagos
- Protección contra el fuego
- Protección superficial

En este apartado de generalidades se explican los dos primeros bloques de durabilidad y de agentes degradadores.

## **DURABILIDAD NATURAL E IMPREGNABILIDAD**

La durabilidad natural se define como la resistencia intrínseca de la madera frente a degradaciones que pueden producir los agentes destructores de la madera. Dentro del tejido leñoso pueden diferenciarse dos zonas: el duramen, en el interior del tronco, y la albura, en el exterior. La formación del duramen se caracteriza por modificaciones anatómicas y químicas. Las modificaciones anatómicas, tanto en las frondosas como en las coníferas, se traducen en una obturación total o parcial de los tejidos encargados de transportar la savia. Las modificaciones químicas tienen lugar al impregnarse las células con otros productos naturales producidos por el árbol (resinas, aceites, taninos, gomas, sustancias solubles, hidratos de carbono polisacáridos, alcaloides, etc) que al oxidarse le suelen dar un característico color oscuro, que se suele apreciar con más claridad en algunas coníferas.

La duraminización protege a la madera contra los ataques de los hongos e insectos xilófagos, por el taponamiento e impregnación de los tejidos de la madera con sustancias que tienen un cierto valor antiséptico. La madera de duramen no sólo es más oscura (en la mayoría de las especies), sino que también es más densa y resistente a los ataques de origen biológico; mientras que la madera de albura suele ser más clara, generalmente blanco amarillenta, más porosa y blanda, y menos valiosa para algunas aplicaciones. Sin embargo, desde el punto de vista de los tratamientos, la albura suele ser más fácil de tratar y de trabajar en la mayor parte de los procesos de elaboración y desintegración mecánica.

Existe mucha información sobre este tema, que se está recopilando en documentos normativos europeos, cuya norma principal es la UNE EN 350 "Durabilidad de la madera y de los productos derivados de la madera. Ensayos y clasificación de la resistencia a los agentes biológicos de la madera y de los productos derivados de la madera".

La impregnabilidad de una especie evalúa la capacidad que presenta para que un líquido (por ejemplo un protector) pueda entrar en su interior. En todos los sistemas de tratamiento, con la excepción del de difusión que utiliza como vehículo el agua que contiene la madera, la cantidad de producto que entra en la pieza está muy relacionada con su estructura anatómica (la dimensión, la forma y el número de células por unidad de volumen; y la habilidad de las mismas para transportar líquidos). En general la madera de albura se impregna con más facilidad independientemente del comportamiento que tenga su madera de duramen; aunque existen casos puntuales en los que es muy difícil impregnar la madera de albura.

En el libro publicado por AITIM "Protección preventiva de la madera" se han incorporado tablas de durabilidad natural e valores de impregnabilidad para las 250 especies más utilizadas.

## **AGENTES DEGRADADORES**

Un agente degradador es toda causa que directa o indirectamente interviene en el deterioro o alteración de la madera. Los agentes se han agrupado de la siguiente forma:

- atmosféricos o meteorológicos
- xilófagos
  - hongos xilófagos
  - insectos xilófagos: de ciclo larvario y sociales
  - xilófagos marinos
- fuego
- compuestos químicos

## **AGENTES ATMOSFÉRICOS O METEOROLÓGICOS**

Los principales agentes atmosféricos son el sol y la lluvia, que actúan sobre la superficie de la madera al exterior y/o sobre la protección superficial de ésta. Hay que destacar que el sol y la lluvia actúan en tiempos diferentes.

La radiación solar actúa principalmente a través de los rayos ultravioleta y de los rayos infrarrojos. Los ultravioleta no penetran profundamente en la madera, su acción se centra en la superficie de la madera provocando que se degrade la lignina, que se pierda cohesión entre las fibras, y que tome un color grisáceo. Cuando la madera incorpora una protección superficial degradan progresivamente las resinas de los productos de acabado, sobre todo aquellos que no están protegidos por pigmentos.

Los rayos infrarrojos provocan un calentamiento de la zona donde inciden provocando la aparición de fendas en la superficie y la subida de resinas, debido al recalentamiento que producen. Cuando la madera incorpora una protección superficial, la acción del calor, originada por los rayos infrarrojos, acelera el envejecimiento de la resina del producto. Su acción es muy perjudicial porque tarde o temprano provocan la aparición de fendas en la superficie de la madera y a pesar de la flexibilidad que tenga el revestimiento, éste no puede resistir su aparición y se acaba rompiendo.

La acción de la lluvia sobre la madera desnuda produce un efecto parecido pero inverso al de los rayos infrarrojos. Cuando la madera incorpora una protección superficial, esta resistirá durante bastante tiempo a la acción exterior de la lluvia mientras que el agua no alcance la madera, que se producirá cuando se rompa o desaparezca la protección superficial.

## AGENTES XILÓFAGOS

Los principales agentes bióticos destructores de la madera pertenecen tanto al reino vegetal (hongos xilófagos) como al reino animal (insectos xilófagos y xilófagos marinos).

- La acción de los hongos se origina principalmente en la madera en contacto con el suelo, como postes, traviesas de ferrocarril, etc., o cuando se humedece debido a errores constructivos como por ejemplo las cabezas de vigas empotradas en muros.
- La acción de los insectos xilófagos se puede producir en una gran variedad de situaciones y de contenidos de humedad de la madera. Según su ciclo de vida y la forma de su ataque distinguiremos a los insectos de ciclo larvario, a los insectos sociales y a los xilófagos marinos.
- Los xilófagos marinos actúan sobre la madera que se utiliza en agua de mar.

### - Hongos xilófagos

Los hongos que se relacionan directamente con la madera son los mohos, los hongos cromógenos y los hongos de pudrición. Su ciclo biológico queda definido por las esporas, las hifas, el micelio y los cuerpos de fructificación. Las esporas de los hongos se encuentran en todas partes y en gran cantidad, y son arrastradas por el viento, el agua o los animales. El ciclo se inicia cuando encuentran unas condiciones favorables para su germinación (maderas con un contenido de humedad superior al 22%). De las esporas emergen las hifas que son células muy finas, solamente visibles con el microscopio, que se introducen en la madera. Las hifas se alimentan de las sustancias de reserva del interior de las células y/o segregan enzimas que producen la descomposición de la pared celular y que permiten que puedan ser asimiladas por éstas; son las que realizan la función degradadora en la madera. Las hifas van aumentando su tamaño y su número, y terminan formando lo que se denomina "micelio", en donde se forman los cuerpos de fructificación, que son visibles y que vuelven a emitir esporas al exterior cerrando de esta forma el ciclo.

Los factores que tienen mayor influencia en el desarrollo de los hongos son la humedad, la temperatura y la presencia de aire (oxígeno). La humedad es de vital importancia para la fisiología de los hongos y es indispensable para la germinación de las esporas, la digestión de la madera por las enzimas, el transporte de las sustancias de alimentación y la realización de todas las funciones vitales. Su óptimo se sitúa entre el 35 y el 50%, el límite inferior entre el 20% - 22% y el superior alrededor del 175%.

Los **mohos** se alimentan de las materias almacenadas en el interior de las células de la madera (lumen). Son incapaces de alimentarse de los principales componentes de la pared celular de las células (celulosa o lignina), por lo que no producen pérdidas significativas en la resistencia de la madera. Se detectan cuando se forman esporas en la superficie de la madera (color oscuro) o cuando el cuerpo de fructificación forma sobre la superficie una especie de pelusilla (proliferaciones algodonosas) transparente, o con tonalidades que van desde el color blanco al negro.

Los **hongos cromógenos** al igual que los mohos sólo se alimentan del contenido celular de las células de la madera, tampoco producen degradaciones en su pared celular y apenas afectan a las propiedades físico - mecánicas de la madera. Se caracterizan porque producen decoloraciones en la madera, como el azulado, la coloración verde, el corazón rojo del haya y la madera pasmada también del haya.

Los **hongos de pudrición** producen una degradación más importante ya que alteran las paredes de las células de la madera. La pudrición no es fácil de reconocer en sus etapas iniciales ya que las hifas permanecen ocultas en su interior. Según va desarrollándose la pudrición se va acentuando el cambio de color, rojizas - pardas o a veces claras, y la madera empieza a perder peso y aumentar su contenido de humedad. En la fase final del proceso se llega a la disgregación total de la estructura de la madera con una pérdida importante de sus características físico - mecánicas.

La clasificación de las pudriciones es difícil de realizar ya que no existen parámetros fijos en los que nos podamos apoyar, la más aceptada es la que conjuga el color de la madera atacada junto el aspecto que presenta, aunque sigue siendo imperfecta. Los tipos o clases de pudrición serían las:

- pudriciones pardas (su ataque se centra en la celulosa), y dejan un residuo carbonáceo formado por lignina (color marrón) más o menos indemne que puede disgregarse fácilmente entre los dedos. La madera atacada presenta un color marrón oscuro tendiendo a agrietarse perpendicular y transversalmente, formando estructuras paralelepípedicas, prismáticas, laminares, etc. Entre las pudriciones pardas se pueden diferenciar las secas y las húmedas.
- pudriciones blancas (su ataque se centra en la lignina). La madera atacada toma un color blancuzco del complejo celulósico resultante y presenta un aspecto fibroso, por lo que a veces se la llama "pudrición fibrosa".
- pudriciones blandas (su ataque se produce cuando existen altas condiciones de humedad, tanto en el ambiente como en la madera). Cuando la madera atacada por una pudrición blanda se seca, su superficie se rompe formando muchos cubos pequeños. Las primeras maderas en las que se detectó su presencia fueron las utilizadas en torres de refrigeración; cuyas piezas tienen un contenido de humedad demasiado alto para que sean atacadas por los hongos de las pudriciones pardas o blancas.

#### **- Insectos xilófagos**

Los insectos de forma individual no causan problemas, el problema aparece cuando se tiene en cuenta su capacidad de reproducción y de reinfección. Se pueden clasificar por su ciclo biológico en insectos de ciclo larvario y en insectos sociales, entre los primeros tendríamos por ejemplo a las carcomas y entre los segundos a las termitas. El ciclo biológico de cada uno de ellos es diferente.

El ciclo de vida de los **insectos xilófagos larvarios** se caracteriza por su cambio de forma, que se denomina "metamorfosis", pasando por cuatro estados sucesivos de desarrollo: huevo, larva, pupa e insecto adulto o imago. El tiempo requerido para el cumplimiento de todos los estados se conoce como "duración de la generación", el cuál es diferente para cada especie. Los estados de huevo, pupa e imago son por lo general de corta duración y varían desde varios días hasta semanas; el tiempo más largo del ciclo de vida corresponde al estado larvario, etapa durante la cuál lleva a cabo la degradación de la madera para satisfacer sus necesidades alimenticias.

Su desarrollo está influido por diferentes condiciones, entre las que se destacan: la especie de madera (existen insectos especializados en madera de frondosas, otros en maderas de coníferas y otros que atacan indistintamente a ambas); el contenido de humedad de la madera (algunos sólo atacan maderas secas, otros maderas muy húmedas y otros que atacan maderas con cualquier contenido de humedad); la temperatura (los insectos no

pueden regular la temperatura de su cuerpo, por tanto dependen de los cambios que se producen en el medio ambiente); y la presencia de hongos de pudrición: (algunos de ellos van siempre asociados a los hongos). El tamaño y la forma de las galerías y de los orificios de salida junto con el tipo de serrín, la especie de madera y su contenido de humedad son las principales características que sirven para identificarlos. Los principales insectos xilófagos de ciclo larvario que actúan en España son los siguientes:

- Cerambicidos: *Hylotrupes bajulus* L. = carcoma grande.
- Líctidos (*Lyctus brunneus* Steph y *Lyctus linearis* Goeze) = polilla.
- Anóbidos: *Anobium punctatum* De Geer = carcoma fina.
- Anóbidos: *Xestovium rufovillosum* De Geer = “reloj de la muerte”
- Curculiónidos = gorgojos.

Los **insectos xilófagos sociales** se caracterizan por constituir agrupaciones de individuos en la que los distintos tipos o castas, incapaces de vivir solitariamente, desempeñan diferentes cargos o funciones en el desarrollo de la colonia. El ciclo de vida de una colonia empieza con el vuelo en forma de enjambre de los individuos sexuados, que en ciertos días del año salen en gran cantidad del antiguo nido y buscan un lugar apropiado para el futuro nido, abriendo una cavidad (cámara nupcial) en la que realizan la copulación. Los huevos que pone la reina se convierten en ninfas que pueden dar lugar a 3 castas o individuos morfológicamente distintos: individuos sexuados, distinguiéndose los reyes alados (pareja real fundadora de la colonia) y los reyes secundarios o de sustitución; soldados, cuya misión es la defensa de la colonia; obreros, cuya misión es buscar alimento y alimentar a los demás individuos de la colonia, cuidar a la pareja real y construir, reparar y limpiar el nido.

Al principio el desarrollo de la colonia es muy lento. Con el aumento de individuos la velocidad se incrementa. Su desarrollo se realiza por mudas sucesivas. Los obreros descomponen la celulosa de la madera mediante ciertos flagelados multicelados del tubo digestivo, que transforman la celulosa en azúcares asimilables, y alimentan al resto de la colonia (se denomina trofalaxia cuando los individuos cambian alimentos entre sí). También se pueden alimentar de papel y de tejidos, y en su camino para llegar a las fuentes alimenticias pueden provocar daños a otros materiales que obstruyan su camino. A veces construyen canales o tubos, fabricados con saliva, excrementos o partículas de tierra o de madera que les permite salvar cualquier tipo de obstáculos; estos tubos pueden estar adosados a muros de mampostería o estar colgados del techo. Excepto los individuos sexuales, las termitas (obreros y soldados) son ciegas. Su orientación por olfato está muy desarrollada. Los individuos dejan gotas de un compuesto sobre el terreno (feromonas) que muestran el camino hacia las fuentes de alimentación a los otros obreros. Su cuerpo no está pigmentado por lo que siempre huyen de la luz, la insolación directa mata a los obreros y soldados. El estado de las termitas teóricamente es inmortal, ya que no hay una obligación biológica para su muerte; el nido sólo puede ser destruido por una catástrofe o desintegrarse por falta de alimentos. La "juventud eterna" de la colonia de termitas se debe a la posibilidad de regenerar todas sus partes.

En España solamente actúan tres especies:

- *Reticulitermes lucifugus* Rossi en la península y Baleares (termitas subterráneas).
- *Cryptotermes brevis* Walker en Canarias (termitas de madera).
- *Kaloterms flavicollis* Fabr. (su incidencia es muy pequeña).

El ***Reticulitermes lucifugus* Rossi** forma sus nidos en el suelo fuera de los edificios atacados, a través de él entran subterráneamente en las casas en donde pueden formar

nidos secundarios. Una vez en la casa pueden interrumpir su comunicación con el nido principal, sin perjuicio para el desarrollo de la colonia. Para su desarrollo necesitan que la madera esté húmeda (superior al 22%) y un elevado porcentaje de humedad relativa del aire (del 95 al 100 %). En la madera abren galerías paralelas a la dirección de las fibras, dejando entre las galerías verdaderas tiras de madera sin degradar, con lo que adquiere el aspecto de "hojas de libro". El espesor de la capa superficial que dejan intacta es muy reducido, de 1 a 2 mm. No ataca a la madera o a los elementos de madera móviles como hojas de ventanas y puertas y en muy raras ocasiones atacan a los muebles. En ciertos casos construyen tubos o canales de pequeño diámetro (1-2 mm) y de pared gruesa. Estos tubos o canales sirven como vías de paso de una pieza de madera a otra. La rapidez de su trabajo depende mucho de la humedad y tamaño de las colonias.

**El *Criptotermes brevis* Walker** forma sus nidos en la madera seca. La colonia no suele ser numerosa, rara vez llegan a unos miles de individuos. La pareja real es atraída por la luz, que es el principal motivo de su introducción en las casas. La pareja penetra en la estructura de la madera elegida para su futuro nido, perforando directamente la madera o entrando por las fisuras o fendas que presente. Sus necesidades de humedad corresponden a un contenido de humedad de la madera del 15 %, que es el límite máximo para su ataque. Las perforaciones de entrada están siempre tapadas por una secreción que forma una película fina, quedando así el orificio casi invisible. Es bastante difícil localizar sus nidos. La madera atacada presenta en su interior cavidades o cámaras unidas entre sí por túneles de sección circular con un diámetro que permite el paso del cuerpo de las termitas. El aspecto de la destrucción de la madera es muy parecido al daño causado por el *Reticulitermes lucifugus*, pero actúan con más rapidez.

#### CUADRO RESUMEN DE INSECTOS XILÓFAGOS

Nombre científico	Nombre vulgar	Especie de madera	Contenido de humedad	Forma y tamaño del ataque - galerías	Serrín
<i>Reticulitermes lucifugus</i>	termitas (subterráneas)	frondosa y conífera	Húmeda > 18%	laminar 1 - 2 mm	-
<i>Criptotermis brevis</i>	termitas (de madera seca)	frondosa y conífera	Seca < 18%	laminar 1 - 2 mm	-
Cerambícidos	carcoma grande	conífera	8 - 40%	elípticas 3, 6 y 9 mm	basto
Líctidos	polilla	frondosa	Seca < 18%	circular 1 - 1,5 mm	muy fino
Anóbidos	carcoma	frondosa y conífera	cualquier contenido	circular 1 - 3 mm	granular
Curculionidos	gorgojo	frondosa y conífera	Húmeda > 18%	circular 1 - 2 mm	granular

- Los **xilófagos marinos** están integrados por dos grandes grupos, los moluscos y los crustáceos. Dentro de los **moluscos xilófagos** sólo presenta cierta importancia en España la familia de los Teredinidos y principalmente el género Teredo. Son hermafroditas y su reproducción se puede realizar de dos formas. En la primera, que es la del Teredo navalis, la fertilización de las larvas y su desarrollo se produce en el interior del molusco adulto. Posteriormente expulsan las larvas al exterior junto con el agua procedente de las branquias. En la segunda forma de fertilización el individuo adulto expulsa conjuntamente los huevos y los espermias; la fecundación se produce en el agua del mar. Por medio de una sustancia viscosa, denominada "biso" segregada por una glándula de su pie, se fijan a la madera y posteriormente abren orificios de sección circular de 0,5 a 1 mm de diámetro. El Teredo empieza a desarrollarse, aumenta de tamaño, vive en el interior de la madera durante toda su vida y nunca la abandona.

En cuanto a los **crustáceos xilófagos** su ciclo de vida comienza cuando el macho fecunda a la hembra en el interior de la madera. La hembra pone los huevos que tienen el mismo aspecto que el de los individuos adultos, pero con un tamaño menor. Se diferencian de los moluscos en que no se encuentran aprisionados en el interior de la madera, sino que pueden moverse libremente en su interior. La degradación que producen es visible exteriormente y es muy diferente a la causada por los moluscos. Actúan en masa (una madera con una gran infestación puede tener de 300 a 400 individuos), abren galerías con longitudes inferiores a 1 cm y con diámetros de 2 mm, dejando la madera prácticamente cribada (tienen el aspecto de un panal). El ataque sobre la madera se concentra generalmente sobre la zona del nivel medio de las mareas y el de la baja mar, por lo cual los pilotes de las construcciones marinas tienden a tomar la forma característica de "reloj de arena". La velocidad del ataque es inferior a la producida por los Teredos.



## FUEGO

La madera, al estar formada por carbono, es un material combustible y susceptible de ser degradada por el fuego. La degradación se produce mediante reacciones químicas (combustión) que disminuyen paulatinamente su sección resistente y pueden provocar su total destrucción, en función de la duración de su exposición al fuego. La combustión de la madera se produce al combinarse, mediante la acción del calor, sus principales componentes, el carbono y el hidrógeno, con el oxígeno para producir, respectivamente, anhídrido carbónico y agua.

Muchos de los materiales que se emplean normalmente en la construcción no son combustibles (no aportan alimento al desarrollo del incendio), sin embargo, ninguno es a prueba de fuego. Las estructuras metálicas se dilatan y retuercen rápidamente en un incendio, produciendo el colapso del edificio al perder su resistencia. El hormigón armado se resquebraja con el calor y más aún cuando se enfría rápidamente al ser mojado por el agua de las mangueras de los extintores. A pesar de que la madera sea un material inflamable a temperaturas relativamente bajas, en relación con las que se producen en un incendio, es más seguro de lo que la gente cree:

- su baja conductividad térmica hace que la temperatura disminuya hacia el interior.
- la carbonización superficial que se produce impide por una parte la salida de gases y por otra la penetración del calor.
- al ser despreciable su dilatación térmica no actúa sobre las estructuras y no las deforma.

La acción del fuego sobre la madera se evalúa con dos conceptos básicos que hacen referencia a los materiales individuales (reacción al fuego) y a los elementos estructurales (resistencia al fuego).

### Reacción al fuego

Es el alimento que un material puede aportar al fuego y al desarrollo del incendio. Es un índice de la capacidad del material para favorecer el desarrollo del incendio. En definitiva evalúa como se comporta un material frente al fuego para determinar si el material es combustible o incombustible.

Como consecuencia del Reglamento de Productos de Construcción (que sustituyó a la Directiva Europea sobre los Productos de la Construcción) y en concreto dentro de las prestaciones de Seguridad en Caso de Incendio se ha establecido un nuevo sistema de clasificación de la reacción al fuego que armoniza los distintos sistemas nacionales. Este sistema clasifica los elementos constructivos bajo la denominación de Euroclases y sustituye a los sistemas nacionales de los países miembros de la Comunidad Europea (en España a partir de octubre de 2006). El sistema de Euroclases incorpora dos subsistemas, uno para su aplicación a los materiales de construcción en general excepto revestimientos de suelos y otro específico para suelos. Ambos utilizan la designación en las clases: **A1, A2, B, C, D, E y F**, añadiéndose en el caso de la clasificación de suelos el subíndice **FL**. La clasificación se realiza en función de las prestaciones alcanzadas por el material sometido a un conjunto de ensayos (denominados “Single Burning Item” o SBI). El significado aproximado de los códigos es el siguiente:

A1 / A1 <sub>FL</sub>	No combustible en grado máximo
A2 / A2 <sub>FL</sub>	No combustible en menor grado
B / B <sub>FL</sub>	Contribución muy baja o despreciable al incendio
C / C <sub>FL</sub>	Contribución escasa al incendio
D / D <sub>FL</sub>	Contribución moderada al incendio
E / E <sub>FL</sub>	Contribución significativa al incendio
F / F <sub>FL</sub>	Sin datos sobre su comportamiento al fuego

Además se han determinar y cuantificar mediante ensayo:

- TSP = cantidad de humos desprendidos por el material: que indican la producción de humo. Los índices que se utilizan para cuantificarla, en orden creciente (peor comportamiento cuanto mayor sea el coeficiente), son "s1, s2 y s3"
- SMOGRA = velocidad de desprendimiento de los humos por parte del material: que indican el goteo de partículas / gotas inflamadas. Los índices que se utilizan para cuantificarla, en orden creciente (peor comportamiento cuanto mayor sea el coeficiente), son "d0, d1 y d2".

### **Resistencia al fuego de un elemento constructivo**

Es el tiempo durante el cuál es capaz de cumplir la función para la cual ha sido colocado en el edificio. En función de las propiedades que satisfaga el elemento se clasificara como

La nueva norma introduce los nuevos conceptos y criterios de

- Capacidad portante (R)
- Integridad (E)
- Aislamiento térmico (I)

De esta forma los elementos de madera que desempeñen funciones estructurales, véase Documento Básico de Seguridad frente Incendios del Código Técnico de la Edificación (DB SI del CTE):

- EI - tt: tiempo (tt) durante el cual cumplen los integridad (E) y aislamiento térmico (I).
- R - tt: tiempo (tt) durante el cual cumple el criterio de capacidad portante.

Todo ello indica, que no debe rechazarse a priori la madera como material constructivo, por razones de su comportamiento al fuego al compararla con otros materiales, ya que correctamente utilizada puede ofrecer condiciones adecuadas de seguridad, dentro de las consideraciones de tipo económico que rigen en una construcción.

## DEGRADACIÓN PRODUCIDA POR COMPUESTOS QUÍMICOS

La madera es un material muy resistente a un gran número de compuestos químicos. En la industria de fabricación de elementos químicos es uno de los materiales preferido para numerosas aplicaciones que van desde depósitos o contenedores de productos hasta edificios de madera en donde se guardan los productos químicos. Un ejemplo clásico son los depósitos de sal que se utilizan para eliminar la nieve y el hielo de las carreteras. La madera de duramen es, en general, más resistente que la de albura, debido a que es más difícil que penetren en ella. Los compuestos químicos pueden modificar la resistencia de la madera de dos formas diferentes:

- Aumentando sus dimensiones o hinchazón (el aumento de su contenido de humedad origina la disminución de sus propiedades resistentes), cuya acción es reversible. En este grupo incluiríamos el agua, los alcoholes y otros líquidos orgánicos (por ejemplo las acetonas) que no reaccionan químicamente con la madera.
- Produciendo cambios permanentes e irreversibles en la estructura de la madera debido a la modificación de alguno de sus componentes.

Los álcalis disminuyen las propiedades de la madera al provocar la disolución de la lignina y de la hemicelulosa. Las soluciones alcalinas son más destructivas que las ácidas, y las frondosas son, generalmente, más susceptibles de ser atacadas. Su ataque es diferente según actúe sobre toda la masa (piezas totalmente sumergidas en las soluciones), sólo en la superficie (recipientes o tubos fabricados con madera) o sobre las fibras. Las coníferas son más resistentes que las frondosas y son casi tan resistentes a la corrosión como los aceros especiales. La resistencia a la corrosión se puede medir calculando la pérdida de peso por unidad de volumen o utilizando el valor del pH como un índice de la corrosión.

Los ácidos producen la hidrólisis de la celulosa de la madera, causando una pérdida permanente de su resistencia mecánica. El valor del pH, al igual que en los álcalis, también se puede utilizar para evaluar la acción corrosiva de los ácidos. Las sales de hierro, que se producen puntualmente en las piezas unidas con placas metálicas, con pernos y otros elementos, son muy ácidas y originan una hidrólisis de la madera en presencia de agua libre. Esta acción se acelera con la humedad, y la presencia de oxígeno puede jugar un importante papel. Este defecto no se produce en maderas correctamente secadas.

La acción de las sales alcalinas o ácidas se puede predecir en función del pH. En la inmensa mayoría de los casos las sales neutras no producen ninguna degradación sobre la madera. Las sales ácidas se pueden considerar como ácidos débiles y no tendrán una acción importante sobre la resistencia de la madera. Las sales alcalinas se pueden considerar perjudiciales para la madera, y su acción se puede considerar similar a la de los álcalis débiles.

Las condiciones más adecuadas para el uso de la madera en contacto con compuestos químicos son las siguientes:

- el pH de las soluciones se encuentra entre 2 y 11.
- la temperatura es inferior a 50 °C.
- no existe contacto con agentes químicos oxidantes.

### MÁS INFORMACIÓN

Publicaciones de AITIM - [www.aitim.es](http://www.aitim.es)

- Protección preventiva de la madera.
- Guía de la madera – Tomo I “Productos básicos y Carpintería”.