

PROTECCIÓN DE LA MADERA

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. 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:

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

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 infrarrojo. 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 la 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 los 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), las pudriciones blancas (su ataque se centra en la lignina) y las pudriciones blandas (su ataque se produce cuando existen altas condiciones de humedad, tanto en el ambiente como en la madera).

- 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 de la madera atacada. 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 con "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 multiciliados 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 ciegos. 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).
- *Kalotermes 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 *Cryptotermes 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 tuneles 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 lucifugas</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 espermatozoides; 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 infectación 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
- y 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).

- La 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.

- La 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 estable al fuego (EF), parallamas (PF) o resistente al fuego (RF).

Todo ello indica, que no debe rechazarse apriori 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 pernios 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.

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, cuyas dos normas principales son la UNE EN 350-1 "Durabilidad de la madera y de los materiales derivados de la madera. Durabilidad natural de la madera maciza. Parte 1: Guía para los principios de ensayo y clasificación de la durabilidad natural de la madera", y la UNE EN 350-2 "Durabilidad de la madera y de los materiales derivados de la madera. Durabilidad natural de la madera maciza. Parte 2: Guía de la durabilidad natural y de la impregnabilidad de especies de madera seleccionadas por su importancia en Europa".

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" ([enlace](#)) se han incorporado tablas de durabilidad natural e valores de impregnabilidad para las 250 especies más utilizadas.

PROTECCIÓN DE LA MADERA CONTRA ORGANISMOS XILÓFAGOS

Una vez elegida la especie de madera y conocidas sus propiedades de durabilidad natural e impregnabilidad, la protección preventiva de la madera engloba tanto a la protección química como a la correcta instalación del elemento de madera. Dependiendo del lugar de aplicación y de la especie de madera que elijamos, cada una de ellas tendrá más o menos peso. En

algunos caso unas medidas de tipo constructivo adecuadas serán suficientes, en otros casos será necesario complementarlas con la incorporación de productos químicos.

La protección química se enfoca a introducir la cantidad de producto protector necesaria en función de las degradaciones o riesgos a que pueda estar sometida (clases de riesgo). Mientras que las medidas constructivas o los detalles constructivos tratan de aminorar o de eliminar las posibles degradaciones que pueden alterar a la madera, por lo general no son efectivas contra los insectos xilófagos, pero tienen una gran influencia beneficiosa contra los hongos xilófagos, las termitas y la acción de las inclemencias atmosféricas.

Los aspectos más importantes que integran la protección preventiva son los siguientes:

- Clases de riesgo.
- Revisión de las medidas constructivas.
- Productos protectores
- Métodos de tratamiento.
- Elección del tipo de protección.
- Duración del tratamiento
- Certificado de calidad de la madera tratada.
- Ejemplos de diferentes aplicaciones
- Normalización
- Sellos de Calidad
- Legislación
- Suministradores

CLASES DE RIESGO

Las clases de riesgo intentan valorar el riesgo de ataque del elemento de madera por los agentes xilófagos en función del lugar donde se va a instalar. Dependen principalmente del grado de humedad que puede alcanzar la madera durante su vida de servicio (inferior al 18%, ocasionalmente superior al 20%, frecuentemente superior al 20% y permanentemente superior al 20%). Las clasificaciones no son siempre perfectas y debido a la cantidad de utilizaciones que puede tener la madera, existirán situaciones que se solapen varias clases de riesgo.

Las clases de riesgo que se definen a continuación, están armonizadas con las clases de servicio definidas en el Eurocódigo 5 y se desdoblan para elementos de madera maciza y para los tableros derivados de la madera.

Tabla resumen de las clases de riesgo

CLASE DE RIESGO	SITUACIÓN	EXPOSICIÓN A LA INTEMPERIE	CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MADERA
1	Cubierto y sin contacto con el suelo	Permanentemente seco	máxima 18-20%
2	Cubierto y sin contacto con el suelo, con riesgo de humedades	Humectaciones ocasionales	en alguna ocasión > 20%
3	Al exterior no cubierto y sin contacto con el suelo	Humectaciones frecuentes	frecuentemente > 20%
4	En contacto con el suelo o con agua dulce	Humectaciones permanentes	permanentemente > 20%
5	En contacto con agua salada	Humectaciones permanentes	permanentemente > 20%

REVISIÓN DE LAS MEDIDAS CONSTRUCTIVAS

Estas medidas de tipo constructivo están enfocadas a evitar un aumento perjudicial del contenido de humedad de la madera y a evitar la acción directa del sol y de la lluvia. La primera consideración que se debe tener en cuenta cuando se utilice madera en la construcción es que su contenido de humedad sea el correspondiente al de su lugar de aplicación. Como regla general la madera **debe permanecer con el contenido de humedad adecuado y estar ventilada**. Además hay que tener siempre presente que si su contenido de humedad es superior al 20-22%, existe la posibilidad de un ataque por hongos de pudrición y/o de termitas.

Estas medidas hacen referencia a las eliminaciones de humedades procedentes de precipitaciones atmosféricas (cubiertas - aleros - carpintería exterior), de los materiales colindantes (piezas de madera próximas o en contacto con el suelo o muros), y de la formación de condensaciones y aportes accidentales de humedad (fugas, filtraciones, goteras etc). El objetivo general es la eliminación de todas las fuentes de humedad no controladas, incluso aquellas que se encuentran alejadas de la madera afectada, ya que algunos agentes xilófagos pueden transportarla.

Las posibles medidas se enfocan a resolver adecuadamente las siguientes acciones:

- Precipitaciones atmosféricas:
 - cubiertas y aleros.
 - carpintería exterior de madera: recubrimientos, suelos, ventanas, balcones y puertas.
- Paso de humedad de los materiales colindantes:
 - a través del suelo.
 - a través del muro (apoyo de vigas).
- Formación de condensaciones.
- Aportes accidentales de humedad (fugas, filtraciones, goteras, etc.).
 - Saneamiento y disposiciones constructivas en la lucha contra las termitas.

PRODUCTOS PROTECTORES

Los protectores de la madera están compuestos por materias activas, productos fijadores y solventes. Las materias o los principios activos tienen propiedades insecticidas o fungidas y se fijan en la madera por medio de los productos fijadores, ambos productos se introducen en el interior de la madera a través del solvente que actúa como vehículo.

Sus principales características son las siguientes:

- Registro del producto en el Ministerio de Sanidad que especifica sus aplicaciones y los posibles riesgos derivados de una incorrecta manipulación o la forma de manipularlos para evitar esos riesgos.
- Efectividad frente al agente degradador, que queda definida en las correspondientes normas de ensayo y de especificaciones, y ha de estar refrendada por el correspondiente informe de ensayo emitido por laboratorios de reconocido prestigio. Normalmente se especifica la cantidad de producto necesaria y el método de tratamiento.
- Permanencia del producto: Los productos deben proteger la madera durante un cierto tiempo. Sobre este punto hay que tener en cuenta que existen productos que comunican una protección temporal de la madera, como por ejemplo los que se utilizan para evitar que la madera aserrada se azule; y otros que comunican una protección de mayor duración como es el caso de las sales hidrosolubles aplicadas con tratamientos de vacío - presión.

Debido a la gran cantidad de variables que intervienen o definen un producto protector como pueden ser su composición, forma de presentación (líquida, polvo, pasta, cartuchos, gas, etc.), campo de aplicación, efectividad, métodos de tratamientos, manipulación, compatibilidades con otros productos, etc.; el fabricante debe aportar la máxima información sobre dicho producto avalada con los correspondientes informes.

Los productos protectores se pueden clasificar en función de su composición química (principios activos, solventes y productos fijadores) en los siguientes:

- protectores hidrosolubles (sus principios activos son sales minerales, que se disuelven en una solución acuosa a una concentración determinada)
- protectores en disolvente orgánico (sus principios activos son compuestos orgánicos de síntesis, a los que se añaden resinas, que van disueltos en disolventes orgánicos)
- protectores hidrodispersables (sus principios activos son compuestos orgánicos de síntesis no solubles en agua a los que se añade un emulgente para producir una buena dispersión en agua)
- protectores mixtos (sus principios activos son mezclas sales minerales con productos de síntesis que se disuelven en agua).
- protectores orgánicos naturales (normalmente hacen referencia a las creosotas).

MÉTODO DE TRATAMIENTO

El método de tratamiento es el procedimiento por el que se aplica un protector a la madera. Su objetivo es conseguir introducir la cantidad definida de producto en un volumen de madera determinado y que este alcance la penetración especificada.

Se pueden distinguir dos formas o procedimientos para tratar la madera. La primera se podría denominar pasiva, ya que se basa en la capacidad natural de la madera para recibir o absorber el protector, la cantidad de producto absorbida es irregular y no controlable; incluiría al pincelado, la pulverización y la inmersión breve. La segunda se podría denominar activa, ya que se basa en métodos artificiales (técnicas de vacío-presión), la cantidad de producto absorbida por la madera se puede controlar con mayor precisión e incluiría a todos los métodos que utilizan el autoclave.

Relación de métodos de tratamiento - penetración

- **Pincelado:** se consigue una protección superficial contra la acción de agentes bióticos y contra la fotodegradación.
- **Pulverización:** se consigue una protección superficial contra la acción de agentes bióticos y contra la fotodegradación. La pulverización es más eficaz que el pincelado.
- **Inmersión breve** (período de tiempo entre algunos 10 segundos y 10 minutos). Se consigue una protección superficial contra la acción de agentes bióticos y contra la fotodegradación.
- **Inmersión prolongada** (período de tiempo superior a 10 minutos). Se consigue una protección media contra la acción de agentes bióticos
- **Tratamientos con vacío - presión** (realizados con autoclave: un cilindro metálico cerrado en el que se introduce la madera y el protector de la madera. Mediante la aplicación de vacío, extraemos el aire de la madera, y mediante la aplicación de presión, conseguimos forzar la entrada del producto en el interior de la madera). Se consigue una protección profunda contra la acción de agentes bióticos. En función de los vacíos y presiones que se realicen y de sus tiempos de aplicación se clasifican en:
 - Sistema de célula llena: su objetivo es conseguir la máxima retención del protector en la madera tratada.
 - Sistema de célula vacía: su objetivo es conseguir que el producto protector penetre profundamente en la madera
 - Doble vacío: su objetivo es proteger perimetralmente la pared celular
- **Madera termo tratada:** la madera se somete a unas determinadas temperaturas (alrededor de los 200° C) durante un cierto periodo de tiempo.

ELECCIÓN DEL TIPO DE PROTECCIÓN

El tipo de protección a elegir dependerá de la clase de riesgo en la que se encuentre el elemento de madera y de su durabilidad natural. La elección del tipo de protección puede tener dos enfoques. El primero se basa en las especificaciones de las nuevas normativas europeas y el segundo en aspectos más prácticos y sencillos extraídos de la experiencia. Ambos enfoques llegan a las mismas conclusiones.

Enfoque de las normas europeas (Norma de referencia: UNE EN 351-1)

Tabla. Clases de riesgo. Penetración (P) y Retención (R) del producto protector en la madera. Exposición y Contenido de humedad de la madera.

CLASE DE RIESGO	MADERA FÁCILMENTE IMPREGNABLE		MADERA NO FÁCILMENTE IMPREGNABLE		EXPOSICIÓN A LA INTEMPERIE	CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MADERA
	P	R	P	R		
1	P1	R1	P1	R1	nula	máxima 20%
2	P1	R2	P1	R2	muy débil	en alguna ocasión > 20%
3	P4 P8	R3 R3	P1 P5	R3 R3	de débil a fuerte (1)	frecuentemente > 20%
4	P8	R4	P5	R4	fuerte	permanentemente > 20%
5	P9	R5	En principio No recomendable En algunos casos P7 - R5		fuerte	permanentemente > 20%

Enfoque simple

Sólo se especifica la penetración, pero la empresa que realiza el tratamiento debe certificar la retención (como mínimo, la de los resultados de ensayo para cada una de las clases de riesgo).

Tipo	Penetración	Método tratamiento
Superficial	la penetración media alcanzada por el protector es de 3 mm, siendo como mínimo de 1 mm en cualquier parte de la superficie tratada Se corresponde con P1 P2 y P3	- Pincelado - Pulverización - Inmersión breve
Media	la penetración media alcanzada por el protector es superior a 3 mm en cualquier zona tratada, sin llegar al 75% del volumen impregnable Se corresponde con P4, P5, P6 y P7	- Inmersión prolongada - Difusión - Autoclave vacío - vacío - Autoclave vacío - presión
Profunda	es aquella en que la penetración media	- Autoclave vacío - vacío

	alcanzada por el protector es igual o superior al 75% del volumen impregnable Se corresponde con P8 y P9	- Autoclave vacío - presión
--	---	-----------------------------

Tabla resumen

CLASE DE RIESGO	EXPOSICIÓN HUMIDIFICACIÓN	TIPO DE PROTECCIÓN	PRODUCTO	MÉTODO DE TRATAMIENTO
1 Sin contacto con el suelo. Bajo cubierta.	NINGUNA	No necesaria	-	-
		Recomendable Superficial	Orgánicos Hidrodispersables Productos mixtos Hidrosolubles	Pincelado Pulverización Inmersión
2 Sin contacto con el suelo Bajo cubierta	OCASIONAL	Superficial	Orgánicos Hidrodispersables Productos mixtos Hidrosolubles	Pinc / Pulv / Inm Pinc / Pulv / Inm -
		Recomendable Media	Orgánicos Hidrodispersables Productos mixtos Hidrosolubles Productos Doble Vacío	Inmers. / Autoc. Autoclave
3 Sin contacto con el suelo. Al exterior	FRECUENTE	Media	Productos mixtos Hidrosolubles. Productos Doble Vacío	- Autoclave Autoclave
		Recomendable Profunda	Creosota Productos mixtos Hidrosolubles	Autoclave
4 En contacto con el suelo o con el agua dulce	PERMANENTE	Profunda	Hidrosolubles.	Autoclave
5 En agua salada	PERMANENTE	Profunda		

DURACIÓN DEL TRATAMIENTO - VIDA ÚTIL DE LA MADERA TRATADA

La "vida útil o la durabilidad" de la madera tratada es una información útil que no es fácil de obtener. A continuación se exponen algunos datos orientativos procedentes de experiencias reales y basados en que el tratamiento se ha realizado correctamente.

- en principio para toda las aplicaciones de interior, la madera tratada permanecerá protegida para siempre.
- en el caso de la madera exterior que se ha protegido mediante técnicas de vacío-presión con productos hidrosolubles, siguiendo las indicaciones del fabricante, se puede alcanzar una vida útil, dependiendo de la especie de madera, de 50 años (otros fabricantes y técnicos la rebajan a 20 años). Esta estimación también se puede ampliar a la madera utilizada al exterior en contacto con el suelo.
- En el caso de la madera utilizada en carpintería exterior sin contacto con el suelo que se haya protegido mediante técnicas de vacío - vacío, tanto con productos orgánicos como hidrosolubles (especiales para este tipo de tratamientos), siguiendo las indicaciones del fabricante, se puede alcanzar una vida útil, dependiendo de la especie de madera, de 60 años (otros fabricantes y técnicos la rebajan a 25 años).

CERTIFICADO DE CALIDAD DE LA MADERA TRATADA

Una vez realizado el tratamiento, la empresa que lo ha realizado deberá emitir un certificado en el que se especifiquen la siguiente información:.

- Identificación del aplicador (nombre, dirección, número de identificación fiscal, etc.)
- Identificación de la madera tratada (especie, calidad, dimensiones, códigos, etc.)
- Producto protector de la madera empleado (nombre del producto, número de registro o en su defecto informes de eficacia de laboratorios de reconocido prestigio)
- Método de tratamiento aplicado
- Clase de riesgo (Clase de penetración y Retención): Categoría de riesgo que cubre el tratamiento
- Año y mes de tratamiento (número de la partida o lote/año)
- Precauciones ante mecanizaciones posteriores al tratamiento
- Informaciones complementarias

PROTECCIÓN DE LA MADERA CONTRA EL FUEGO

Es posible reducir y en algunas casos impedir la acción del fuego mediante la ignifugación de la madera, que tiene el objetivo de disminuir el nivel de su combustibilidad e inflamabilidad.

Esta se puede realizar mediante su tratamiento con diversos productos químicos o protegiendola con otros materiales incombustible que actúen de pantalla y que impidan que llegue el calor hasta ella, es lo que en la protección de la madera frente a los agentes xilófagos o atmosféricos se denomina “detalles constructivos”. Sin embargo, lo que se conoce normalmente como ignifugación es el tratamiento de la madera con productos químicos que provocan modificaciones en el proceso de su combustión.

La información se ha organizado en los siguientes bloques informativos:

- Reacción al fuego.
- Resistencia al fuego.
- Métodos de tratamiento
- Tipos de protectores ignífugos
- Reglamento vigente

REACCIÓN AL FUEGO - MADERA

La reacción al fuego hace referencia a un material y evalúa cómo se comporta frente al fuego. por medio de ensayos normalizados. Desde hace más de una década se esta trabajando en la normalización a nivel Europeo de un sistema de clasificación y ensayo que ya está ya muy avanzado y a punto de completarse. Es posible que durante un cierto tiempo tengan que convivir los sistemas nacionales y el sistema europeo, para finalmente, quedar vigente solo este último.

1.- Clases españolas de reacción al fuego.

Las clases de reacción al fuego españolas definidas en las normas son **M0, M1, M2, M3 y M4**. El número de la denominación de cada clase indica la magnitud relativa con la que los materiales pueden favorecer el desarrollo de un incendio.

M0	No combustible
M1	Combustible pero no inflamable (implica que su combustión no se mantiene cuando cesa la aportación de calor desde un foco exterior)
M2	Combustible y difícilmente inflamable
M3	Combustible y medianamente inflamable
M4	Combustible y fácilmente inflamable

2.- Euroclases - nueva normativa europea de reacción al fuego

El sistema de Euroclases se publicó oficialmente en el Diario Oficial de 23 de febrero de 2001 y se basa en las prestaciones alcanzadas por un material sometido a un conjunto de ensayos. El sistema de Euroclases consiste en dos sub sistemas:

- 1) Aplicable a los materiales de construcción excepto revestimientos de suelos.

Está enfocado fundamentalmente a la evaluación de la reacción al fuego de los materiales de revestimiento de paredes y techos. Las Euroclases que contempla este sistema se designan respectivamente con las letras: A1, A2, B, C ,D, E y F.

- 2) Aplicable a los revestimientos de suelo.

Las Euroclases que contempla este sistema se designan respectivamente con las letras: A1_{FL}, A2_{FL}, B_{FL}, C_{FL}, D_{FL}, E_{FL} y F_{FL},

A1 / A1_{FL}	No combustible en grado máximo
A2 / A2_{FL}	No combustible en menor grado
B / B_{FL}	Contribución muy baja o despreciable al incendio
C / C_{FL}	Contribución escasa al incendio
D / D_{FL}	Contribución moderada al incendio
E / E_{FL}	Contribución significativa al incendio
F / F_{FL}	Sin datos sobre su comportamiento al fuego

RESISTENCIA AL FUEGO

Para medir la resistencia al fuego de un elemento se le somete al mismo a unas condiciones muy próximas a las reales simulando las temperaturas que se producen en un incendio en un horno de ensayo. El elemento se ensaya con sus dimensiones reales. Los elementos constructivos deben cumplir determinadas exigencias de comportamiento ante el fuego en relación a las siguientes condiciones:

- a) la estabilidad o capacidad portante
- b) la ausencia de emisión de gases inflamables por la cara no expuesta
- c) la estanqueidad al paso de las llamas o gases calientes
- d) la resistencia térmica suficiente para impedir que se produzcan en la cara no expuesta temperaturas superiores a las que se establecen en la norma UNE 23.093.

El tiempo que transcurre hasta que falle alguno de estos exigencias mide la resistencia al fuego del elemento y los clasifica en:

- **EF (Estabilidad al fuego)**, deben cumplir la condición **a)**
- **PF (Parallamas)**, deben cumplir las condiciones **a), b) y c)**
- **RF (Resistencia al fuego)**, deben cumplir las **cuatro condiciones**

Las exigencias se establecen conforme a la siguiente escala de tiempos : **15, 30 , 60, 90, 120, 180 y 240 minutos.**

MÉTODOS DE TRATAMIENTO

La ignifugación de la madera modifica en un sentido muy favorable su reacción al fuego, que de forma indirecta y con grandes limitaciones puede permitir mejorar su "resistencia al fuego" cuando desempeña funciones estructurales o cuando se incorpora a un elemento estructural (por ejemplo un tablero de partículas ignífugo que se utilice para la fabricación de una puerta resistente al fuego puede contribuir a mejorar la resistencia al fuego de esa puerta). Dejando aparte una posible mejora en la clasificación de la reacción al fuego de la madera por una puesta en obra adecuada, nos centraremos en los tratamientos de ignifugación para conseguir esa mejora en la clasificación.

En función de donde se colocan o de como se introducen los productos en la madera se pueden distinguir los tratamientos en profundidad y los tratamientos superficiales.

- Tratamientos en profundidad:

Los productos penetran y se fijan en el interior de la madera. Se pueden emplear los siguientes métodos para introducirlos en la madera: forzando su entrada utilizando técnicas de vacío-presión (autoclave) o incorporándolos íntegramente (en masa) dentro de los productos de la madera

- Tratamientos superficiales

Los productos se colocan sobre la superficie de la madera aplicándolos mediante pincelado, pulverización, inmersión o proyección.

TIPOS DE PROTECTORES IGNÍFUGOS

La mayoría de los productos químicos utilizados en las formulaciones de los productos ignífugos para la madera tienen una larga historia de utilización, que incluyen productos basados en el Fósforo, Nitrógeno, Boro, Silíceo y en otras combinaciones que producen sinergias con los anteriores, fosfatos de amonio, sulfato de amonio, borax, ácido bórico, etc. Los productos ignífugos se pueden clasificar según el método de aplicación y su composición en las siguientes clases:

- **Productos aplicados por el método de autoclave**

Existen tres tipos de productos que se diferencian entre sí por las propiedades que limitan o recomiendan su aplicación en circunstancias específicas: sales simples para interiores, sistemas semi-complejos resistentes a la humedad y sistemas de resinas poliméricas resistentes a los deslavados. Todas las formulaciones que se describen utilizan como vehículo el agua.

- **Productos que se mezclan con los adhesivos utilizados para la fabricación de tableros derivados de la madera.**

Estos productos pueden incorporarse durante el proceso de fabricación de los tableros, en las partículas de madera antes de que se encolen, pulverizándolos sobre la manta de fibras se pulveriza o añadiéndolos a las colas con que se encolan las chapas de los tableros contrachapados.

- **Pinturas y barnices**

Estos productos se aplican sobre la superficie de las piezas de madera y evitan la formación o aparición de llamas. Su acabado debe ser transparente para no enmascarar o tapar el aspecto de la madera o por el contrario tapar a la madera comunicando un buen acabado tipo pintura. Las capas del producto pueden aplicarse por pincelado, pulverizado o por procesos mecánicos y deben tener el espesor de película definido para que sean efectivos. Existen dos tipos de productos, las pinturas intumescentes y las no intumescentes.

- Otros tipos de productos

Existen otros tipos de productos que se incorporan o fijan a los elementos de madera como las tiras y las planchas ignífugas. También se pueden utilizar planchas de yeso o tableros de fibro-cemento.

NORMALIZACIÓN (enlace con normas)

REGLAMENTO VIGENTE (enlace con legislación)

SUMINISTRADORES

- PRODUCTOS IGNÍFUGOS

- Pinturas
- Barnices
- Productos para autoclave
- Tiras intumescentes
- Planchas intumescentes

- PRODUCTOS DE LA MADERA CON MEJORES PRESTACIONES FRENTE AL FUEGO

- Madera maciza
- Tableros contrachapados
- Tableros de partículas
- Tableros de fibras de densidad media
- Tableros de partículas - cemento
- Puertas Resistentes al Fuego

PROTECCIÓN SUPERFICIAL DE LA MADERA AL EXTERIOR

La protección superficial de la madera es muy antigua, en un principio sólo se destinaban para embellecer la madera situada en el interior de las viviendas, pero con el paso del tiempo han ido ampliando su uso a la madera situada al exterior. Su objetivo principal sigue siendo decorar la madera y protegerla frente a la acción del sol y de la lluvia. El paso de su utilización en el exterior ha ido en paralelo con el descubrimiento de nuevas resinas sintéticas, la mejora de los pigmento y la incorporación de otros productos como los captadores de radios ultravioletas o de filtros solares, estabilizadores de la luz, etc. que van mejorando sus prestaciones.

La información se ha organizado en los siguientes bloques informativos

- productos
- la madera como soporte
- normativa
- suministradores

PRODUCTOS

Estos productos engloban a diferentes tipos, los que solamente protegen a la madera de los agentes atmosféricos (sol y lluvia), y los que además incorporan componentes con propiedades insecticidas o fungicidas similares a los utilizados por algunos protectores de la madera.

Composición

Las principales materias primas empleadas en la fabricación de los productos de protección superficial de la madera son las resinas, los pigmentos y los solventes.

- **Resina** (ligantes): su función es proteger a la madera frente a la acción del agua y comunicar flexibilidad al producto.
- **Pigmentos**: su función, además de su misión decorativa, es la de disminuir el efecto del sol.
- **Solventes**: su función es transportar y disolver la resina y los pigmentos sin alterar su composición química. Se suelen utilizar el agua (los productos se denominan acuosos) o disolventes orgánicos (que se denominan productos en disolvente orgánico).
- **Otros componentes**: su función es mejorar su comportamiento al exterior, como por ejemplo las ceras, productos hidrófobos, fungicidad, insecticidas,, los diluyentes , los filtros solares, estabilizadores de la luz HALS, antioxidantes inhibidores fenólicos , etc..

Tipos de productos - norma europea

El enfoque adoptado en las nuevas normas europeas es realizar la clasificación en función de su aspecto y hacer la selección en función de su utilización final y de las condiciones climáticas de exposición.

La clasificación por su "aspecto" está relacionada con el sistema de acabado y define 3 parámetros: espesor de la película, poder cubriente y brillo especular. Para cada uno estos parámetros se han definido a su vez diferentes clases: 4 para el espesor, 3 para el poder cubriente y 5 para el brillo especular. Las combinaciones de todas ellas da lugar a una matriz de 60 términos descriptivos, que cubre todos los tipos de productos.

La selección del producto se realiza en función de las condiciones de exposición y de la clasificación según su empleo. Para las condiciones de exposición se define una tabla de doble entrada en función del clima (moderado, duro y extremo) y la situación más o menos protegida del elemento en la construcción. En las condiciones de exposición hay que considerar los siguientes factores: orientación, inclinación, clima local, los detalles constructivos y ejemplos de la zona. La categoría según su empleo se determina en función de los movimientos dimensionales que se permiten a la madera como respuesta a la absorción o pérdida de agua. Los movimientos dimensionales permitidos dan lugar a las siguientes categorías: no estable, semi-estable y estable.

La combinación del aspecto, condiciones de exposición y categoría de empleo permite al usuario describir sus necesidades, y al fabricante confirmar que el producto tiene el aspecto solicitado y que es adecuado para la utilización requerida.

Elección del producto final a utilizar

La decisión final del producto a utilizar depende, básicamente, del comportamiento del producto durante el tiempo que protege superficialmente a madera y de la facilidad para realizar su mantenimiento o renovación. Como acabamos de ver existe una gran variedad de productos, pero de forma teórica y general se pueden establecer 3 grupos, que tienen que matizarse y completarse con los criterios expuestos anteriormente.

- Barnices: forman una película rígida transparente que no puede seguir los movimientos de la madera se rompe y empieza a descascarillarse. Tienen una duración teórica estimada (dependiendo del tipo de barniz) de 1 a 3 años. Su mantenimiento exige eliminar la capa anterior (decapado, lijado, etc.) del barniz.

- Pinturas: forman una película opaca que podrá seguir los movimientos de la madera en función de la flexibilidad de la resina que incorpora. Tienen una duración teórica estimada (dependiendo del tipo de pintura) de 3 a 9 años. Sus pigmentos protegen a la resina y evitan que se produzca su rápida degradación. Su mantenimiento exige eliminar la capa anterior (decapado, lijado, etc.) de pintura.

- Barnices decorativos de poro abierto (lasures): no forman película o forman una película de pequeño espesor, y no se ve afectado por los movimientos de la madera. Tienen una duración estimada (dependiendo del tipo de lasur) de 3 a 6 años.. Sus pigmentos protegen la resina y evitan que se produzca su rápida degradación. Su mantenimiento es relativamente sencillo y aunque se puede aplicar directamente la nueva mano sobre la capa anterior se aconseja realizar un suave lijado y revisar el aspecto del elemento por si se hubiera producido una degradación anormal.

LA MADERA COMO SOPORTE DE LA PROTECCIÓN SUPERFICIAL O DECORATIVA

La madera presenta unas propiedades particulares que es necesario conocer y comprender para realizar correctamente su protección o acabado superficial; estas propiedades adquieren una mayor importancia cuando se utiliza al exterior. Las propiedades que más influyen en la aplicación de productos para la protección superficial o de acabado son:

- **Aspecto:** El colorido y el veteado de la madera son valores decorativos intrínsecos que hay que tener en cuenta a la hora de aplicar los revestimientos.
- **Contenido de humedad:** La madera utilizada en interiores debe instalarse con un contenido de humedad comprendido entre el 7 y el 11%, y la utilizada al exterior con un contenido de humedad comprendido entre el 12 y el 15%.
- **Coefficiente de contracción:** En las maderas utilizadas en el interior los cambios dimensionales apenas tienen importancia, pero cuando la madera se encuentra al exterior pueden tener una gran influencia porque se pueden producir cambios dimensionales importantes. Este hecho también pone de manifiesto la ventaja de utilizar especies de madera que tengan unos coeficientes de contracción pequeños o aquellas que se hayan mejorado artificialmente su estabilidad mediante la introducción (impregnación) de resinas.
- **Porosidad:** Las maderas que son muy porosas absorben más cantidad de producto que las poco porosas. Así mismo la madera de albura es más porosa que la de duramen y dentro de estas la madera de primavera es a su vez más porosa que la de verano.
- **Contenido de exudados:** Los exudados y extractos de la madera son sustancias metabólicas complejas más o menos viscosas como resinas, aceites, gomas, ceras, antioxidantes y colorantes. Afloran en la superficie de forma irregular según las especies, las muy ricas son las llamadas "maderas grasas" como el iroko y la teca, mientras que las "maderas secas" son las que contienen menos sustancias. La presencia de estas sustancias en la superficie de la madera dificulta, retarda o impide la polimerización o secado de los recubrimientos. Para prevenir la aparición de los extractos conviene preparar adecuadamente la superficie, limpiandola a fondo con disolventes adecuados.
- **Preparación y estado de la superficie de la madera:** Los mejores resultados para la aplicación de productos superficiales se consiguen con madera nueva o recién mecanizada (limpia) y seca. Se recomienda aplicar los productos cuando las condiciones ambientales sean moderadas y secas, siguiendo la evolución del sol. Para aplicar la nueva capa de protección superficial es necesario realizar una correcta preparación de la superficie; cualquier producto, incluyendo los mejores, se comportará mal si no se aplica sobre madera sana.