

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERIA EN TECNOLOGIA DE LA MADERA

Documento Recepcional Técnico

Protección de la Madera

Que para obtener el título de:

Ingeniero en Tecnología de la madera

Presenta:

Antonio Gil Vega

Asesor: Dr. C. José Cruz De León

Morelia, Michoacán, Febrero de 2011.



Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



OF. No. 0037/2011

Morelia, Mich., a 17 de Enero del 2011
Asunto: Aprobación de Documento Recepcional Técnico

C. ANTONIO GIL VEGA

PASANTE DE INGENIERO EN
TECNOLOGÍA DE LA MADERA.
P R E S E N T E .

En atención a su solicitud de aprobación de tema, me permito comunicarle que ha sido aceptado su Tema de **Diplomado** intitulado: **“Protección de la madera”**, propuesto para presentar Examen Recepcional de Ingeniero en Tecnología de la Madera, que se desarrollará bajo el siguiente ÍNDICE:

INDICE DE FIGURAS.

INDICE DE CUADROS.

- 1.- INTRODUCCION.
 - 2.- OBJETIVOS.
 - 3.- AGENTES DE DETERIORO.
 - 4.- DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA.
 - 5.- PROTECCION DE LA MADERA EN EXTERIORES.
 - 6.- PRESERVACION DE LA MADERA.
 - 6.1.- Características de los preservantes.
 - 6.2.- Clasificación de los preservantes.
 - 7.- METODOS DE PRESERVACION.
 - 7.1.- Procesos sin presión.
 - 7.2.- Procesos con presión.
 - 8.- RENTABILIDAD DE LA PRESERVACION DE LA MADERA.
 - 9.- RECOMENDACION.
- LITERATURA CITADA.
APENDICE.
NORMAS EUROPEAS.

Para tal efecto fungirá como Director de Documento Recepcional Técnico, el Dr. José Cruz De León.

A T E N T A M E N T E

DR. JOSE CRUZ DE LEON

Director

CONTENIDO

Índice de Figuras	i
Índice de Cuadros	ii
1 INTRODUCCIÓN	1
2 OBJETIVOS	3
3 AGENTES DE DETERIORO	4
4 DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA	16
5 PROTECCION DE LA MADERA EN EXTERIORES	20
6 PRESERVACION DE LA MADERA	26
6.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS PRESERVANTES	26
6.2 CLASIFICACIÓN DE LOS PRESERVANTES	27
7 MÉTODOS DE PRESERVACIÓN	34
7.1 PROCESOS SIN PRESIÓN	34
7.2 PROCESOS CON PRESIÓN	36
8 RENTABILIDAD DE LA PRESERVACIÓN DE LA MADERA	39
9 RECOMENDACIÓN	40
LITERATURA CITADA	41
APÉNDICE	44
NORMAS EUROPEAS	44

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Hongos de pudrición parda	6
Figura 2. Hongos de pudrición blanca	7
Figura 3. Madera atacada por insectos Xilófagos	7
Figura 4. Carcomas	8
Figura 5. Ciclo de vida de la termita y ejemplo de termitas	11
Figura 6. Teredo navalis	12
Figura 7. Fuego en la madera	13
Figura 8. Ciclo de vida de la termita y ejemplo de termitas	14
Figura 9. Método de campo o cementerio	19
Figura 10. Protección de la madera en exteriores	20
Figura 11. Estructura química del ácido nafténico	29
Figura 12. Estructura química del Pentaclorofenol	29
Figura 13. Formula química del Oxido Tributil Estannoso	30
Figura 14. Estructura química del Quinololato 8 de Cobre	31
Figura 15. Proceso Rueping	38
Figura 16. Proceso Lowry	38

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Insectos xilófagos	11
Cuadro 2. Clases y clasificación de la durabilidad natural de la madera.	16
Cuadro 3. Clasificación de la madera por su durabilidad.	18
Cuadro 4. Clave para interpretación de resultados durante la inspección de la madera en estudio.	19
Cuadro 5. Resumen de las clases de riesgo.	22
Cuadro 6. Clases de riesgo penetración (P) y retención (R) del producto protector de la madera. Exposición y contenido de humedad de la madera.	24

1 INTRODUCCIÓN

La madera como material de origen orgánico (compuesto principalmente de celulosa y lignina) es especialmente estable, no obstante por su propia naturaleza constituye la base de alimentación de organismos vivos del reino fungi (hongos) y del reino animal (insectos, moluscos, crustáceos, aves); así mismo puede ser atacada por muchos compuestos químicos; y la existencia del carbono en la celulosa la vuelve un material combustible. La preservación de la madera se debe considerar como algo natural, sin olvidar que casi todos los materiales necesitan de protección. El principal objetivo de la preservación de la madera es ampliar las aplicaciones de los productos hechos de madera. Lo más importante es tratar que permanezca seca y con sus mismas propiedades físico-mecánicas y después del empleo de productos protectores que permiten utilizarla en una gran variedad de condiciones de servicio.

Una vez talado el árbol se convierte en madera, materia inerte y sin defensa, biodegradable bajo la acción de un cierto número de agentes biológicos. Estos agentes de degradación -insectos y hongos- se manifestarán esencialmente en función de la especie y de la situación -medio seca o húmeda- en el que se encuentran las piezas. Es en este nivel en el que interviene la noción de durabilidad natural de la madera, que va a condicionar en gran parte la longevidad y duración de servicio de las obras hechas con este material.

Pero la longevidad de las obras podrá también estar influenciada por su concepción y su puesta en obra que a menudo pueden reducir o incluso eliminar el riesgo de aparición y desarrollo de los agentes de degradación, abióticos como bióticos.

Los agentes abióticos. La humedad, la luz del sol, los cambios bruscos de temperatura y el fuego.

Los agentes bióticos. Los insectos xilófagos, los hongos xilófagos, los xilófagos marinos y las bacterias.

Para evitar la acción de estos agentes se utilizan protectores químicos que pueden dividirse en dos clases:

1. Protectores hidrosolubles. Son soluciones acuosas de materias insecticidas, fungicidas o retardantes del fuego. Se emplean generalmente para madera en contacto directo con el suelo y para protección contra el fuego en maderas de interior.
2. Protectores orgánicos. Estas sustancias de protección se emplean en madera de construcción, pues no son solubles en agua y su poder de penetración es mayor.

Están formados por productos químicos con propiedades insecticidas, fungicidas y repelentes al agua, disueltos en productos derivados del petróleo

La madera es uno de los materiales orgánicos que nos ofrece la naturaleza y hay que saber cuidarla. El mobiliario realizado en madera, precisa una especial protección para que no acabe amarilleando, pierda su estructura, y cada vez sea menos bella, por ello, merece tratarse con mucho cuidado.

Para esto, existen muchos productos en el mercado para proteger la madera y preservarla de la humedad o la sequedad producida por múltiples agentes. Algunos productos no acaban de ser eficaces porque tardan en secarse y no consiguen ofrecer un tono natural al que tenía la madera en sus inicios.

Todas las medidas que se adoptan para garantizar una larga vida de la madera son tratamientos para la preservación de ésta. Aparte de las medidas estructurales hay una serie de diferentes conservantes químicos y los procesos, que pueden extender la vida de este material; hacer que su uso sea más factible en la ingeniería de estructuras de madera, estos en general aumentan la durabilidad y resistencia, ante el ataque y destrucción por insectos u hongos.

2 OBJETIVOS

- Presentar información que proporcione elementos que nos sirvan en la preservación de la madera principalmente en aquella que se utiliza en exteriores como puertas, ventanas, cobertizos, mueble de jardinería, barandales etc., y que nos ayude para la conservación de las obras elaboradas con madera por más tiempo, sin que esta pierda sus propiedades físicas y químicas.
- Ser un documento de consulta donde se pueda tener información referente al cuidado de la madera, así como de los principales agentes de deterioro de la misma.
- Contar con un documento donde especifique las clases de riesgo a que está sometida la madera en uso.

3 AGENTES DE DETERIORO

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

- 3.1 agentes atmosféricos
- 3.2 hongos xilófagos
- 3.3 insectos xilófagos
- 3.4 xilófagos marinos
- 3.5 fuego
- 3.6 compuestos químicos

3.1 Agentes atmosféricos

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 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 (Peraza Sánchez, 2001).

Los rayos infrarrojos provocan un calentamiento de la zona donde inciden provocando la aparición de fendas y resinas en la superficie, 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 grietas 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 (<http://www.lignumfacile.es>).

La acción de la lluvia sobre la madera al exterior 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 (Giovanni Liotta, 2000).

3.2 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 (Peraza Sánchez, 2001).

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 de la madera 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 valor óptimo se sitúa entre el 35 y el 50%, el límite inferior entre el 20% - 22% y el superior alrededor del 175% (Peraza Sánchez, 2001), (Hans-Peter Sutter, 1997).

Hongos Cromógenos y Mohos

No descomponen la madera. Se alimentan de azúcares y almidones, producen manchas que no afectan la resistencia de la madera pero si su aspecto: mancha azul, negra, roja. Los mohos son hongos algodonosos que se desarrollan en la superficie de la madera. (<http://www.docentes.unal.edu.co>).

Los mohos se alimentan de las materias almacenadas en el interior de las células (lumen). Son incapaces de alimentarse de los principales componentes de la pared celular (celulosa o lignina), por lo que no producen pérdidas significativas en la resistencia de la madera (Peraza Sánchez, 2001).

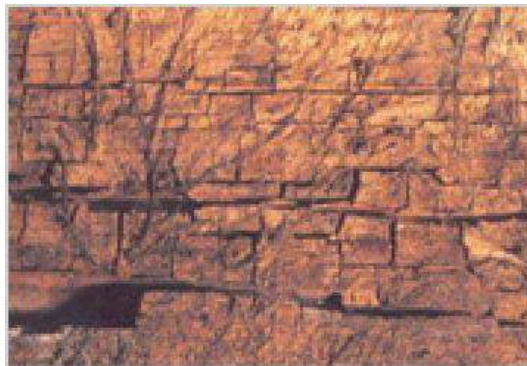
Se detectan cuando se forman esporas en la superficie de la madera (color oscuro) o cuando el cuerpo de fructificación se forma sobre la superficie una especie de pelusilla (proliferaciones algodonosas) transparente, o con tonalidades que van desde el color blanco al negro (<http://www.lignumfacile.es>).

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 (Peraza Sánchez, 2001).

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 (Hans-Peter Sutter, 1997), (Robert A. Zabel & Jeffrey J. Morrel, 1992).

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 al aspecto que presenta, aunque sigue siendo imperfecta. Los tipos o clases de pudrición serían las pudriciones pardas (su ataque se centra en la celulosa) como se muestra en la fig.1, las pudriciones blancas (su ataque se centra en la lignina) fig.2 y las pudriciones blandas (su ataque se produce cuando existen altas condiciones de humedad, tanto en el ambiente como en la madera). (Peraza Sánchez, 2001).



www.tecmasa.com

Figura 1. Hongos de pudrición parda



www.tecmasa.com

Figura 2. Hongos de pudrición blanca

3.3 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 fig.3. 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 fig.4, y entre los segundos a las termitas fig.5. El ciclo biológico de cada uno de ellos es diferente.



restauradoresdearte.blogspot.com

Figura 3. Madera atacada por insectos xilófagos.

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 cual lleva a cabo la degradación de la madera para satisfacer sus necesidades alimenticias (<http://es.wikibooks.org>).

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 aserrín, la especie de madera y su contenido de humedad (Cuadro 1), son las principales características que sirven para identificarlos. (<http://www.gusilina.com>).

Los principales insectos xilófagos de ciclo larvario 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.



www.luzrazante.com

Figura 4. Carcomas.

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 sexuales, 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 sexuales, 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 (Figura 5). (<http://es.wikibooks.org>).

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 (<http://es.wikibooks.org>).

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 (obrero 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 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 (<http://www.gusilina.com>).

Las tres principales especies de termitas son las siguientes:

- *Reticulitermes lucifugus* Rossi (termitas subterráneas).
- *Cryptotermes brevis* Walker (termitas de madera).
- *Kaloterme 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. (<http://www.saludambiental.net/actualidad10.htm>).

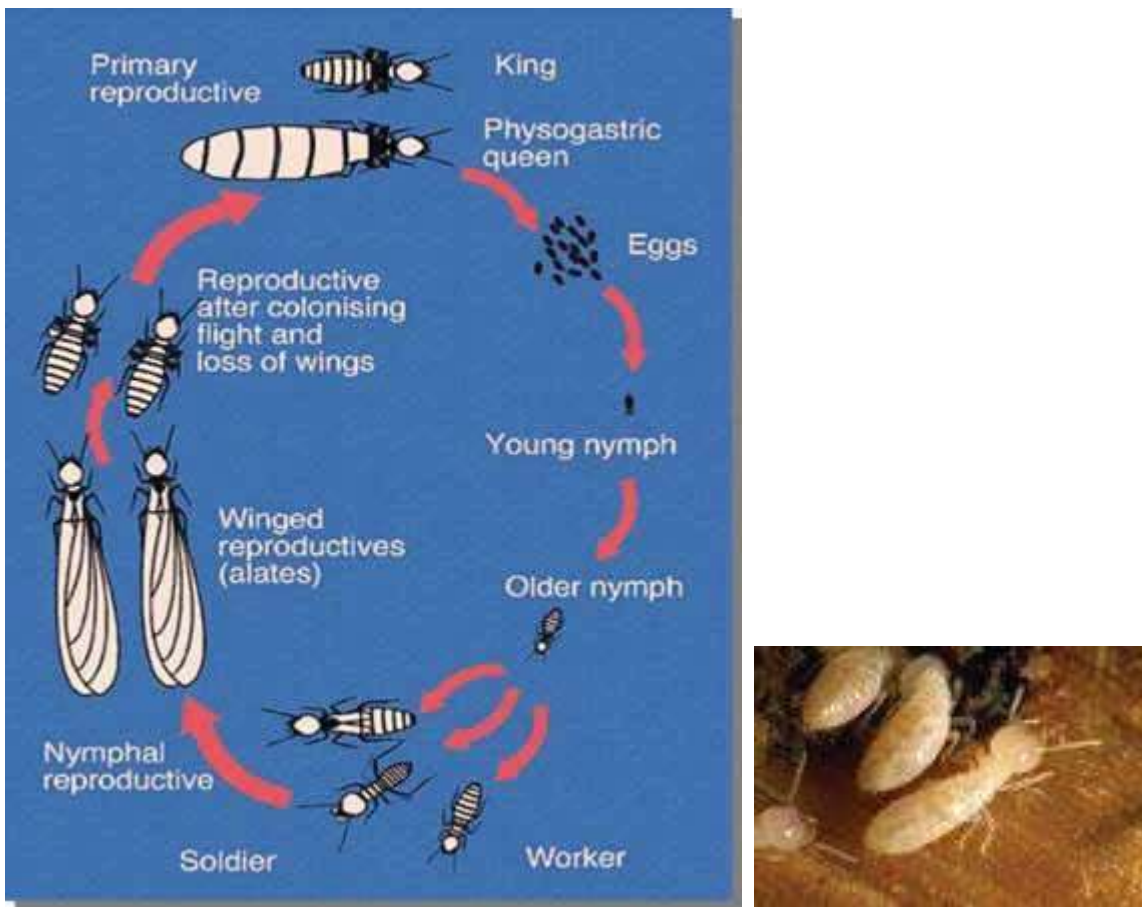


Figura 5. Ciclo de vida de la termita y ejemplo de termitas

CUADRO 1. Insectos xilófagos

Nombre científico	Nombre vulgar	Especie de madera	Contenido de humedad	Forma y tamaño del ataque-galerías	Aserrín
<i>Reticulitermes lucífugas</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%	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 1-2 mm	Granular
Curculionidos	gorgojo	Frondosa y conífera	Húmeda > 18%	Circular 1-3 mm	granular

3.4 Xilófagos marinos

Están integrados por dos grandes grupos, los moluscos y los crustáceos. Dentro de los moluscos xilófagos sólo presenta cierta importancia 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* fig. 6, la fertilización de las larvas y su desarrollo se produce en el interior del molusco adulto.



www.cienciatk.csic.es

Figura 6. *Teredo navalis*

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 (<http://www.lignumfacile.es>).

3.5 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 fig. 7. 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.



www.hectorscerbo.com.ar

Figura 7. Fuego en la madera

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. (<http://infomadera.net>).

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 cómo 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 cual 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), para llamas (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 (JUNAC, 1988).

3.6 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 dichas sustancias en ella. Los compuestos químicos pueden modificar la resistencia de la madera de dos formas diferentes: (<http://es.wikipedia.org>).

- 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 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. (<http://es.wikipedia.org>).

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 madera correctamente seca.

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 (<http://wapedia.mobi>).

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.

4 DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA

La durabilidad natural se define como la resistencia intrínseca de la madera frente a degradaciones que pueden producir los agentes destructores de este material. 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 (<http://redalyc.uaemex.mx>).

La durabilidad natural 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. (<http://www.saber.ula.ve>).

La durabilidad natural de la madera en contacto con el suelo, se podría clasificar en 5 tipos (Cuadro 2), siendo la No. 1 la más durable y la No. 5 la menos durable. Según Chudnof, (1994) (citado en COFAN 1999), la durabilidad natural de las maderas en contacto con el suelo se clasifica en:

CUADRO 2. Clases y clasificación de la durabilidad natural de la madera

CLASE DE DURABILIDAD	CLASIFICACIÓN	DURACIÓN (AÑOS)
1	Muy durable	>25
2	Durable	15-25
3	Moderadamente durable	10-15
4	No durable	5-10
5	Muy susceptible	<5

Métodos para determinar la durabilidad natural de la madera

Para determinar la durabilidad natural de la madera se deben realizar diferentes pruebas o ensayos en el laboratorio o en cementerios de madera.

Para la realización de los ensayos de laboratorio se cuenta con las normas americanas y europeas que consisten en la siembra de trozos de carpófagos en el medio de cultivo malta - agar, para luego realizar el aislamiento del hongo en las cajas Petri a temperatura 25 °C. y 70 % de humedad por el tiempo de 14 días en cámaras de incubación.

Se utilizan probetas de madera para la determinación de la durabilidad natural, sus dimensiones son de acuerdo a las normas a seguir, con ciertas características en sentido de las fibras libres de pudrición, libres de defectos y sometidas a un proceso de secado. Luego repartirlas en los recipientes del ensayo, según las normas americanas en erlenmeyers de 125 ml. de capacidad y cajas Petri, en cambio las normas europeas (EN 113) utilizan frascos Kolle para la inoculación del hongo más la probeta de madera y someterlas por el espacio de 16 semanas. Otras normas recomiendan por lo menos un tiempo de doce semanas.

El objetivo principal que se persigue al ejecutar este ensayo, es determinar la masa de cada probeta mediante la diferencia de pesadas antes y después de haber estado expuesta al cultivo de hongo por el tiempo indicado.

Se utiliza la siguiente fórmula para la determinación de la pérdida de masa.

Donde:

PM = Pérdida de masa (%).

P₁ = Peso de la probeta antes del ensayo.

P₂ = Peso de la probeta después del ensayo.

Clasificación de la madera por su durabilidad

Los ensayos anteriormente indicados son sencillos de realizar, lo que permite obtener resultados que determinarán la eficiencia de los preservantes en madera tratada. Se debe contar con una muestra testigo y sin tratar con productos químicos protectores para poder comparar los daños obtenidos. Actualmente se trabaja con un método denominado (suelo-bloque) que se colocan las probetas de madera sobre tierra, lo que permite estudiar el comportamiento tóxico de varios preservantes, obteniéndose comparaciones con las probetas tratadas y es posible determinar los puntos fungistáticos y fungicida para los hongos, con la dosis límite para evitar la continuación del ciclo biológico del hongo. Con los resultados de los trabajos de laboratorio se determinará con exactitud la resistencia ofrecida por la madera para cada especie de hongo (<http://www.tusventanas.es>).

Con la interpretación de los resultados se puede tener una clasificación de la madera por su resistencia natural (Cuadro 3), siempre bajo ciertas técnicas y especificaciones de las normas, ya sea americanas ASTM D-2017 (Anual Book of Standard, 1986) y EN113 de las europeas.

CUADRO. 3 Clasificación de la Madera por su Durabilidad

Categoría AR (Altamente resistentes)
Pérdida de peso entre 0 y 1% con una duración en uso exterior de más de 15 años. Son en general maderas de alta densidad y de duramen que no es posible tratar.
Categoría R (Resistentes)
Pérdida de peso entre 1 a 5% con una duración en uso exterior de 10 a 15 años. Son maderas de alta densidad y tratabilidad variable para el duramen.
Categoría MR (Moderadamente Resistentes)
Pérdida de peso entre 5 y 10%, con una duración en uso exterior de 1 a 10 años. Son generalmente madera de alta densidad y con posibilidades de recibir tratamiento.
Categoría MPR (Muy Poco Resistentes)
Pérdida de peso entre 10 y 30%, con una duración en uso exterior de 1 a 5 años. Son maderas de densidad media y buena tratabilidad.
Categoría NR (No Resistentes)
Pérdida de peso de mayor del 30% y una duración de uso exterior menor que un año. Son en general, madera de muy baja densidad y muy buena tratabilidad.

Método de campo o cementerios

Estas pruebas permiten, al igual que las de laboratorio, determinar la durabilidad y la efectividad tóxica de los productos químicos preservantes, la diferencia fundamental es que en los ensayos de campo, los factores climáticos tienen influencia directa con el desarrollo del organismo xilófago.

Los cementerios de ensayo de durabilidad natural deben contar con ciertos requisitos para tener un acertado resultado (Cuadro 4). Deben garantizar la permanencia de su funcionamiento porque son de largos períodos de observación y no tener influencia de personas y animales. El ambiente tiene que reunir condiciones favorables para la actividad biológica para insectos y hongos fig. 8, con buena exposición solar y el terreno no haya sido utilizado en cultivos agrícolas (<http://redalyc.uaemex.mx>).



webdelprofesor.ula.ve

Figura 8. Método de campo o cementerio

El tamaño de las muestras en los cementerios es variado, desde pequeñas hasta postes, y las evaluaciones se hacen por la intensidad de daños y con la clave se interpretarán los resultados de la inspección (<http://redalyc.uaemex.mx>).

CUADRO 4. Clave para interpretación de resultados durante la inspección de la madera en estudio

Grado de pudrición	Descripción de la madera	Puntaje o porcentaje
1	Sana (ninguna señal de pudrición)	100
2	Superficie blanda o indicios de pudrición	75
3	Pudrición comprobada poco avanzada	50
4	Pudrición profunda o intensa	25
5	Pudrición total o destrucción	0

5 PROTECCIÓN DE LA MADERA EN EXTERIORES

Es necesario proteger a la madera fig. 9, pues se trata de un material blando, poroso, combustible, higroscópico y deformable por los cambios de humedad ambiental, que sufre alteraciones químicas por efecto del sol y sobre todo que es una fuente de alimento para numerosos tipos de seres vivos (mohos, insectos, etc.) que destruyen su superficie en su masa. Los productos destinados para la madera constituyen un sistema de pintado, de tratamiento contra todos los enemigos de la madera.



www.decorespacio.com

Figura 9. Protección de la madera en exteriores

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 (<http://www.infomadera.net>).

Dependiendo del lugar de aplicación y de la especie de madera que elijamos, cada una de ellas tendrá más o menos peso. En algunos casos 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 (Cruz de León, 2006).

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

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 en las que enfrente varias clases de riesgo (Cruz de León, 2006).

Las normas mexicanas e internacionales especifican una determinada Retención de acuerdo al grado de riesgo en que estará en uso la madera. La norma mexicana NMX-C-322-ONNCCE-2003 y la norma europea UNE-EN 335-1993, establecen 5 categorías, siendo la No. 1 la clave de menor riesgo y la No. 5 la de mayor riesgo (Cuadro 5).

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 a 20-22%, existe la posibilidad de un ataque por hongos de pudrición y/o de termitas (Cruz de León, 2006).

CUADRO 5. 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	Permanente 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 y con agua dulce	Humectaciones permanentes	Permanente >20%
5	En contacto con agua salada	Humectaciones permanentes	Permanente >20%

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 (Cruz de León, 2006).

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.

(<http://www.infomadera.net>).

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 fungicidas 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 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.

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 azulé; y otros que comunican una protección de mayor duración como es el caso de los 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 (Rodríguez Barreal, 1998).

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 de sales minerales con productos de síntesis que se disuelven en agua).
- Protectores orgánicos naturales (normalmente hacen referencia a las creosotas).

Métodos 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 la autoclave (Cruz de León, 2006).

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)

CUADRO 6. 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).

6 PRESERVACIÓN DE LA MADERA

La preservación de la madera es indispensable en la actualidad debido a la escasez de árboles con dimensiones adecuadas (diámetro y altura) para obtener materia con criterios de selección antes mencionados. Esta escasez cada día es mayor debido al derribo y autorización indiscriminada de árboles.

La industria de la preservación de maderas, ha descubierto numerosas sustancias tóxicas, que aplicadas racional y convenientemente, protegen la madera de sus enemigos naturales (Aburto, 2006)

Estos compuestos químicos puros o mezclados, varían ampliamente en naturaleza, costo y eficacia; aspectos que están directamente relacionados con el uso al que se va a destinar la madera.

6.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS PRESERVANTES

Un preservante debe reunir ciertas características:

- Toxicidad, es fundamental para poder controlar o anular la actividad de los agentes biológicos que afectan a la madera.

Para que una sustancia o producto químico ejerza su acción en forma prolongada debe ser soluble en los líquidos celulares de los agentes xilófagos. Existen casos como el de la creosota y pentaclorofenol que son insolubles en agua, pero son suficientemente solubles en la fisiología de los insectos y hongos, produciendo en ellos su muerte.

La toxicidad del producto esta dada por la menor cantidad de producto químico activo.

- **Penetrabilidad para alcanzar efectividad.** En este sentido es necesario contar con factores como el de contenido de humedad, porosidad de la madera y el grado de viscosidad del producto químico, En algunos casos las sustancias químicas reaccionan con la madera produciendo precipitados insolubles que disminuyen o impiden la penetración del preservante.

Algunas maderas por su naturaleza tienen alto peso específico o baja porosidad y a veces sus conductos se hallan taponados por gomas o resinas lo cual hace impermeable y en consecuencia difícil la tarea de impregnar.

- Permanencia. Para que el preservante ofrezca a la madera una garantía de permanencia debe poseer componentes tóxicos que puedan fijarse en forma permanente, sin producir soluciones químicas, y que conserven sus

características y no se alteren por lixiviación, volatilización o por cambios químicos.

- Inocuidad. Todo preservante debe ser seguro de manipular, no deben exigirse del hombre y animales domésticos otros cuidados que los requeridos por los productos químicos convenientes y cuando este presenta riesgo especial se le debe clasificar como peligroso.
- No corrosivos. Un buen preservador no debe ser corrosivo para los metales como ser alambres, clavos pernos y equipos.
- No combustibles. Las sustancias químicas tóxicas o preservantes no deben aumentar el poder de combustión de la madera tratada. Debe tomarse nota de que el riesgo es menor cuando la madera se trata con productos hidrosolubles y que con los oleosolubles que están expuestos por la eliminación de su exudado son mayores los riesgos a la inflamabilidad.

El preservante no debe ofrecer dificultad para su incorporación a la madera y permitir buenos acabados en el material.

- No fitotóxicos. Cuando la madera tratada será utilizada en ciertos cultivos agrícolas, debe tomarse el cuidado de que el producto químico no contamine los productos alimenticios.
- Económicos y accesibles. Los costos de los preservantes influyen sobre el valor final de la madera tratada, con un costo que pueda impedir que ella compita, con otras sin tratamiento o con materiales capaces de sustituirla.

6.2 CLASIFICACIÓN DE LOS PRESERVANTES

Se tiene diversas formas de clasificar a los preservantes indicaremos a esta por su origen o uso.

CREOSOTAS

- *Creosota ordinaria*
- *Creosota líquida*
- *Mezclas de creosota*

PRODUCTOS ORGÁNICOS (OLEOSOLUBLES)

- *Naftenatos*
- *Pentaclorofenol*
- *Pentaclorofenato de sodio* (soluble en agua)
- *Oxido tributil estannico*
- *Quinolinolato de cobre*

PRODUCTOS INORGÁNICOS (HIDROSOLUBLES)

- *Sales múltiples*
- *Arsénico cobre - Amoniacaes (A.C.A.)*
- *Cupro-Cromo-Arsenicales (C.C.A.)*

- *Cupro-Cromo-Bóricas (C.C.B.)*
- *Compuestos de boro*
- *Otros compuestos hidrosolubles*

CREOSOTAS

Según las norma americanas AWPA, la creosota se obtiene de la destilación de alquitrán de hulla, producido por carbonización a temperatura elevada de la hulla bituminosa; es una mezcla extraordinariamente compleja que contiene sustancias neutras, ácidas y alcalinas, las separación industrial de los componentes de alquitrán se hacen por medios químicos, entre estas sustancias tenemos a los hidrocarburos aromáticos que componen el grupo mayoritario (80-90%), otros como el antraceno, naftaleno, benceno xileno; la fracción ácida que es 5% de la creosota total constituida por fenoles, creosoles, xilenoles y naftoles de alto poder fungicida e insecticida, finalmente la fracción básica también el 5% de la creosota, constituida por piridinas, quinolinas y acridinas.

Las características de la creosota son: insoluble en el agua, de alta toxicidad contra hongos e insectos, de buena permanencia, no tiene acción corrosiva con los metales, de olor fuerte y penetrante, no aconsejable para interiores de viviendas, no puede ser la madera pintada ni barnizada, la madera impregnada queda muy sucia y produce irritación en la piel, debido a su compleja composición, es muy difícil trabajar con un producto homogéneo.

También la creosota debe reunir ciertas exigencias y normas que se hacen necesarias no solo para tener seguridad de trabajar sino como un material lo más uniforme posible con un máximo fijado de residuo de coque (2%) que corresponde al residuo que normalmente se encuentra en la creosota pura.

En este grupo se encuentra una variedad de sustancias que se ha ido desarrollando recientemente, tomando en cuenta que su característica principal de ser solubles en solventes oleosos derivados del petróleo, la eficiencia de estos productos químicos puede variar en función a las concentraciones y solventes. Entre los principales preservantes figuran los naftenatos, el pentaclorofenol, el óxido tributil estannoso y el quinolinolato de cobre.

PRODUCTOS ORGÁNICOS (OLEOSOLUBLES)

Naftenatos

Son sustancias provenientes de la combinación de ácidos nafténicos obtenidas como subproductos en la refinación de petróleo y sales de elementos metálicos como el cobre y el zinc; la formula del ácido nafténico es: C₁₁ H₂₀ O₂

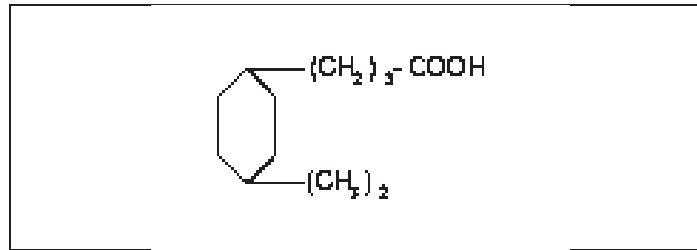


Figura 10. Estructura química del ácido nafténico.

Los naftenatos son compuestos cerosos o gomosos no cristalinos y solubles en aceite. El naftenato de cobre es el más generalizado en la preservación de maderas, de color verde oscuro y olor desagradable, de gran toxicidad para hongos.

Para su preparación y aplicación se utiliza soluciones al 5%, donde el cobre metálico se encuentra al 0.5%, la madera tratada con esta sustancia no es fácil de pintar pues el color verde oscuro exuda a través de la pintura.

También se ha experimentado con el naftenato de zinc que es casi incoloro y menos tóxico, como con naftenato de mercurio y hierro que no son eficaces para el tratamiento de la madera.

Pentaclorofenol

El pentaclorofenol es un compuesto químico cristalino formado por reacción de cloro sobre el fenol; su fórmula es $\text{C}_6\text{Cl}_5\text{OH}$ y su estructura se muestra en la fig.8.

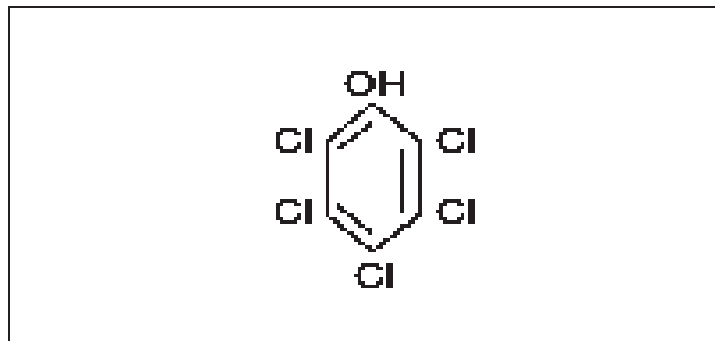


Figura 11. Estructura química del pentaclorofenol.

Se lo fabricó en escala industrial en E.E.U.U. a partir de 1936 con el nombre abreviado de pentaclorofenol, es el más tóxico y empleado dentro de los preservantes orgánicos oleosolubles, resulta eficaz para hongos e insectos pero ineficaz contra los perforadores marinos.

Para su empleo como preservador, se disuelve en aceite y su aplicación puede ser inmediata y contiene el 5% de producto activo, el pentaclorofenol como sustancia química es un producto escamoso granulado de color parduzco

insoluble en agua. Su punto de solidificación es de 174 °C como mínimo y la máxima cantidad de insolubles en álcali es de 1%, es ligeramente ácido y reacciona con los álcalis fuertes de sodio y potasio para formar sales solubles en agua; se utiliza para combatir a la mancha azul de la madera, puede ser descompuesto por los agentes oxidantes fuertes, como el ácido nítrico, con el que forma el tetracloro - quinona o clorametil.

La American Wood Preservers Association (AWPA, por sus siglas en ingles) establece en sus normas técnicas los pasos a seguir mediante tablas y factores de corrección para los aceites y temperaturas utilizadas. Es irritante a la piel y las mucosas. Entre las principales características del pentaclorofenol como producto preservante se encuentra, su baja volatilidad y gran estabilidad química.

Oxido tributil estannoso

Es un producto de alto poder fungicida e insecticida y se fija bien en la madera, es incoloro e insoluble en agua y es soluble en la mayoría de los solventes orgánicos, su fórmula:

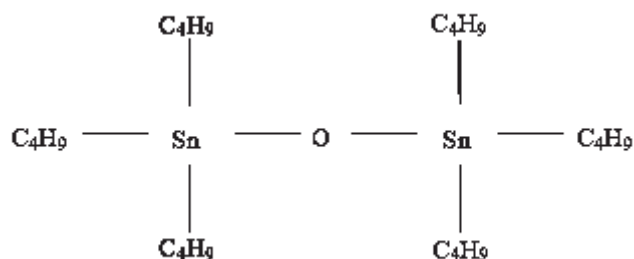


Figura 12. Formula del Oxido Tributil Estannoso.

Este preservante tiene una afinidad natural por los materiales celulósicos, por lo que controla muy bien a los hongos que son causantes de la pudrición parda en la madera; presenta la característica de no ser fácilmente lixiviable.

Quinolinolato 8 de cobre

Es un producto de color ligeramente amarillento, se disuelve en solventes ligeros, además de la protección contra hongos tiene buena fijación en la madera, y se recomienda su utilización en madera que tiene contacto con productos alimenticios, no es irritable a la piel, su fórmula química es:

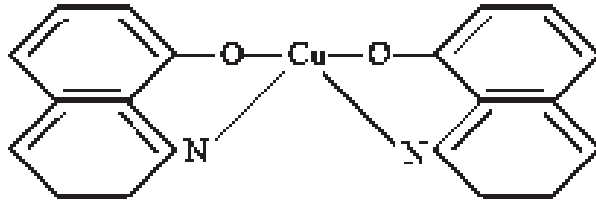


Figura 13. Estructura química del Quinolinolato 8 de Cobre.

PRODUCTOS INORGÁNICOS

A este grupo corresponde una serie de sustancias o mezclas químicas que se emplean utilizando el agua como solvente, tienen gran poder fungicida e insecticida, son buenos fijadores, reducen la acidez y el efecto corrosivo, no son fitotóxicos, carecen de olor y no son inflamables, algunos preservantes de este grupo son altamente fijados en la madera, siendo muy resistentes a la lixiviación, permiten un buen acabado en la madera. La desventaja es que, hinchan a la madera recién impregnada y obliga en algunos casos a secar nuevamente a las piezas cortadas a una temperatura máxima de 60 °C, porque se corre el riesgo de la descomposición del preservante (sulfato de cobre) (Toussaint A. 1987).

Sulfato de cobre

Este preservante ha sido utilizado en tratamientos de postes para alambrado y como sostén de las espaldares de viñas. Utilizado desde el año 1767 en Francia y patentado por M. Boucherie, tiene un gran poder fungicida y costo reducido, las desventajas son: es corrosivo al acero, y permanece soluble dentro de la madera, por lo que es propenso a ser eliminado por lixiviación durante su puesta en servicio, disminuyendo sus propiedades de protección, su dosificación corriente es al 5% de concentración en agua y los tratamientos recomendados son el de ascensión y Boucherie con sus modificaciones (Tuset ,1979).

Sales Múltiples

Las sales preservantes tienen en su composición un elemento fungicida como el cobre y un insecticida como el arsénico o el boro; además se incluye un fijador como el cromo, las características de estas sales son; alta resistencia a la lixiviación especialmente en maderas de coníferas, buena fijación de los principios activos, se debe tener precaución para su manipulación.

Para lograr una protección efectiva en la madera es necesario conocer el uso que se le va a dar y la única base objetiva para comparar la toxicidad de las sales

preservadoras, es la cantidad de sustancias tóxicas inyectadas en la madera tratada.

Entre las principales sales múltiples utilizadas tenemos:

Arsénico - Cobre - Amoniacales (A.C.A.)

Está formada por cobre en forma de óxido cúprico CuO y arsénico en forma de óxido arsénico, deben ser disueltos en amoníaco, a las dos o tres semanas de tratada la madera, se evapora el amoníaco que solubiliza a la materia activa en agua y los precipitados de cobre y arsénico se fijan definitivamente en la madera, estas sales son eficaces contra hongos e insectos cuando están en contacto con el suelo y su uso ha sido oficializado por la AWPA mediante norma P5 - 83.

Sales Cobre- Cromo- Arsenicales (CCA).

Este preservante es una mezcla de los óxidos de cromo y arsénico, la reacción química que permite la fijación en la madera es compleja, en términos generales los óxidos metálicos, son reducidos por los azúcares de la madera, para formar precipitados insolubles y no lixiviables, los precipitados CCA se fijan permanentemente a la madera, no son volátiles ni se evaporan. Son muy eficaces en la protección de madera, en contacto directo con el suelo y bajo las condiciones más desfavorables como el agua de mar.

Sales Cobre - Cromo - Bóricas (CCB)

Los componentes activos de las sales CCB, combinan la acción fungicida del cobre con el insecticida del boro y con el poder de fijación del cromo para evitar la lixiviación.

Es un preservante insecticida y fungicida para la aplicación de árboles recién apeados, adquieren una coloración verdosa, puede ser pintada, de fácil manipulación, no despiden olores ni vapores irritantes, utilizadas para la construcción rural (postes), se utiliza concentraciones no menor al 5% y la madera que está en contacto directo con el suelo requiere como mínimo de retención de 12 kg./cm³, la fijación de estas sales en la madera es muy lenta, y cuando es tratada con esta sal se recomienda dejar secar por lo menos de 6 a 8 semanas antes de usar. Estas sales han sido patentadas por el Dr. Karl H. Wolmann (1913) y según Richardson (1978) los componentes activos de estas sales son los siguientes:

- Cobre en forma de óxido cúprico 10.8%
- Cromo en forma de óxido crómico 26.4%
- Boro en forma de ácido bórico 25.5%

Compuestos de Boro

Los compuestos de boro no tiñen a la madera, son tóxicos para los insectos y hongos, estos productos fueron utilizados como producto retardadores de la acción del fuego, pero, luego se pudo evidenciar que tenían acción efectiva contra los degradadores de madera (insectos).

A partir de entonces se intensificaron las investigaciones para reconocer a estos productos como preservantes, con mucho cuidado la madera tratada con componentes de boro se utilizan en lugares secos y en interiores para evitar que el producto químico no se lixivie por la humedad.

También estos compuestos de boro son algo corrosivos, por eso deben mezclarse con equivalentes de óxido bórico o bórax para contrarrestar su efecto negativo.

Otros Compuestos Hidrosolubles

Existe en el mercado internacional una cantidad de compuestos hidrosolubles para proteger la madera, aunque en muchas situaciones su uso es restringido y se los compara con las sales CCA.

Se tiene por ejemplo sales que combinan la acción del cobre y cromo con la de flúor o el fósforo y sales cromo - zinc - cloro y flúor - cromo - arsénico - fenol.

7 MÉTODOS DE PRESERVACIÓN DE LA MADERA

La preservación consiste básicamente en incorporar a la madera las sustancias químicas adecuadas para controlar el alimento de los agentes biológicos y/o degradantes, prolongando de esta manera la duración de este material.

El método o proceso de aplicación que se tenga con el preservante tiene mucha importancia en el resultado del tratamiento. Para el éxito de la preservación, es necesario que la madera contenga una cantidad adecuada de preservante para el uso que se le desea dar. Sin embargo es necesario resaltar que hasta la fecha no se ha logrado idear un método práctico para preservar que se garantice la penetración profunda y uniforme en todas las especies y a un costo razonable.

Los tratamientos se agrupan en dos categorías, en profilácticos y de preservación. Los métodos profilácticos conservan la calidad de la madera por un tiempo relativamente corto antes de ser procesadas, aserradas, y secadas.

Entre los métodos de preservación que protegen la madera a largo plazo se tienen los siguientes procesos:

- a) Procesos sin presión
- b) Procesos a presión

7.1 Métodos de tratamiento sin presión:

- Brochado
- Pulverización
- Inmersión en frío
- Inmersión instantánea
- Inmersión en caliente
- Ascensión simple
- Ascensión doble
- Baño caliente – frío

Brocheado y Pulverizado

Son métodos sencillos en los que se aplican sustancias tóxicas a la madera ya instalada o puesta en servicio y utilizada en construcciones, se logran penetraciones pequeñas y los productos más utilizados son los oleosolubles, es necesario aplicar dos a tres veces para cubrir totalmente la superficie, al manipular el producto para proteger la madera se debe tener mucho cuidado.

Inmersión

En este método se presentan dos modalidades:

- a) Utilización de preservadores oleo solubles y oleosos.
- b) Empleo de preservadores hidrosolubles

En ambos casos el método, consiste en sumergir las piezas de madera en un recipiente apropiado, de modo que puedan quedar las piezas totalmente cubiertas con el producto o sustancia química.

Inmersión Instantánea

Este método también consiste, en sumergir a la madera en estado verde en un recipiente que contiene la solución preservante hidrosoluble, luego de este proceso, es necesario colocar a las piezas tratadas una cubierta de plástico u otro material para evitar la evaporación y permitir que el preservante se difunda dentro de la madera. El tiempo está relacionado con el tamaño de la pieza, la retención del preservante en la superficie de la madera mejorará si dicha superficie no ha sido cepillada, la difusión del preservante estará sujeto a varios factores: espesor, contenido de humedad, peso específico de la madera, concentración de la solución, tiempo y coeficiente de difusión.

Generalmente se utilizan mezclas químicas de bórax y ácido bórico, a concentraciones de 20-30 % y se logra una mayor cantidad de radicales activos, proporcionando una mayor efectividad en la protección de la madera.

Es necesario tomar ciertas precauciones, como el de no cepillar las superficies tratadas, utilizar maderas menos densas.

Inmersión Caliente

Generalmente este proceso se efectúa en maderas que se utilizarán para la construcción y consiste en sumergir las piezas dentro de un tanque conteniendo una solución caliente de compuestos de boro con una concentración de 3 a 6% de equivalente en ácido bórico, durante la inmersión, el preservante se difunde dentro de la madera, el tiempo de inmersión varía de acuerdo a factores como concentración de la solución y dimensión de las piezas.

Ascensión Simple

Es un método que consiste en colocar postes con extremos gruesos dentro de un tanque conteniendo solución de una sal o una mezcla de sales hidrosolubles, para la realización de un tratamiento correcto, es necesario que el contenido de

humedad sea alto, el reactivo asciende por capilaridad favorecida por la evaporación del agua de la madera.

La duración del tratamiento varía en función a la temperatura, dimensiones y densidad.

Para lograr un tratamiento efectivo debe estimarse de 5 a 10 días y el proceso es de bajo costo y un mínimo de requerimiento de equipos necesarios. La protección es muy limitada en la madera, no es uniforme el tratamiento, algunos preservantes tienen propiedad de ser lixiviables y disminuyen el tiempo de eficiencia del tratamiento.

Ascensión Doble

Este tratamiento es similar al anterior con la diferencia de que el proceso se repite dos veces cambiando de preservante, se utiliza madera verde descortezada. La eficiencia de este método está relacionada con las sustancias químicas empleadas y se puede obtener una buena protección.

Baño Caliente - Frío

Para la aplicación de este método, la madera debe ser descortezada, con un contenido de humedad no mayor a 30%, se utiliza preservantes oleosos u oleosolubles durante un tiempo determinado que dependerá de la especie, del tipo de solución y dimensiones de la madera, y la temperatura que debe estar entre 80 a 100 °C sin poner en peligro la marcha de la operación o la eficacia del preservante utilizado. Las sales hidrosolubles no son adecuadas para este tratamiento, porque se descomponen al calentarlas por encima de los 45°C.

Al calentarse la madera, el aire contenido en el interior se expande y sale de ella, luego durante el enfriamiento se produce el vacío parcial que favorece la penetración e incrementa la absorción del preservante.

7.2 Métodos de tratamiento a presión

Este tipo de procesos permiten regular las condiciones del tratamiento y es posible variar la penetración y retención del producto para satisfacer las exigencias de la utilización de la madera. Entre los tratamientos con presión en autoclave se destacan los siguientes:

- Bethell
- Rueping
- Lowry

Una planta a presión consiste en bombas, válvulas, reservorios de almacenamiento, de mezcla, equipo de control, autoclave o cilindro de impregnación.

Proceso de Bethell o Célula Llena

Este proceso es el más conocido y empleado en la industria de la impregnación, patentado en 1838 por John Bethell, permite inyectar a la madera la mayor cantidad de solución preservante en la zona tratada. El proceso debe de realizarse de la siguiente manera:

1. Secado. Se determina el contenido de humedad de la madera. El contenido de humedad debe ser menor del punto de saturación de la fibra.
2. Limpieza. Se realiza con una escoba o cepillo con cerdas fuertes. En esta etapa se registran datos generales como: contenido de humedad, dimensiones y peso de cada pieza. Numero y tamaño de nudos, bolsas de resina, porcentaje de albura y duramen, etc.
3. Preparación de la solución. La solución se prepara, para este caso al 3%.
4. Vacío inicial. Una vez cargada la madera, se realiza un vacío inicial por un periodo de 15 a 30 minutos en un rango de 40 a 50 cm. de Hg (53.3-66.4 KPa).
5. Llenado. La autoclave se llena con la solución a una determinada concentración por medio de una bomba.
6. Presión. Se establece una presión máxima de trabajo de 10 Kg/cm² (983.5 KPa). Una vez llenado la auto clave se aplica presión (15 a 30 minutos).
7. Drenado. En esta fase se restablece la presión atmosférica, se vacía la autoclave y se retorna la solución al tanque de almacenamiento.
8. Vacío final. Se realiza un vacío al final entre 40 y 50 cm de Hg durante 15 a 20 minutos.
9. Al término del proceso se hacen las determinaciones de la absorción, retención, penetración e hinchamiento.

Proceso Rueping

Generalmente este proceso es empleado para soluciones oleosolubles, tiene como característica principal la aplicación de una presión preliminar de aire a la madera antes de inyectar el preservante caliente oleo soluble, esta presión inicial suele ser de 4-5 kg./cm², llenando la autoclave con el producto químico, de manera que el aire inyectado quede aprisionado en la madera.

La penetración del producto es mediante la aplicación de una presión mayor, hasta obtener la absorción deseada comprimiendo aún más el aire que había quedado en la madera.

Finalmente se disminuye la presión; se vacía la autoclave y se somete la carga a un vacío final.

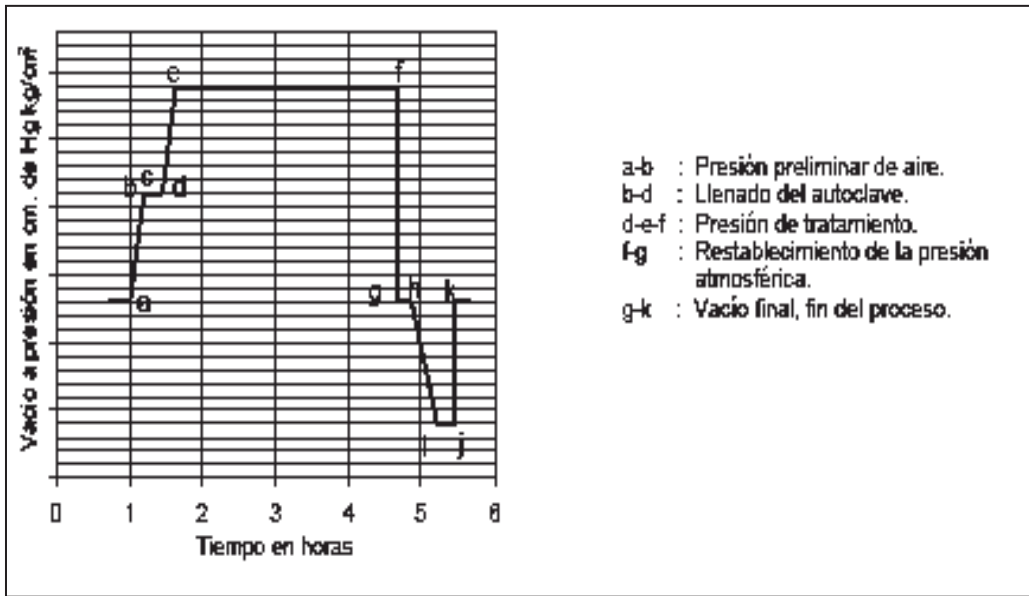


Figura 14. Proceso Rueping

Proceso Lowry o Célula Vacía

Este proceso también es denominado de célula vacía al igual que el Rueping, sus absorciones son relativamente bajas, son muy útiles para preservar madera permeables, no se hace presión inicial como el método Bethell, sino que una vez colocada la madera en el cilindro de tratamiento, se llena con la solución a presión atmosférica, se eleva la presión a 10 -12 kg./cm² manteniendo a cierto tiempo, luego se bombea el preservante al tanque de almacenamiento y se hace el vacío final, para luego recuperar el exceso de líquido y secar la superficie de la madera.

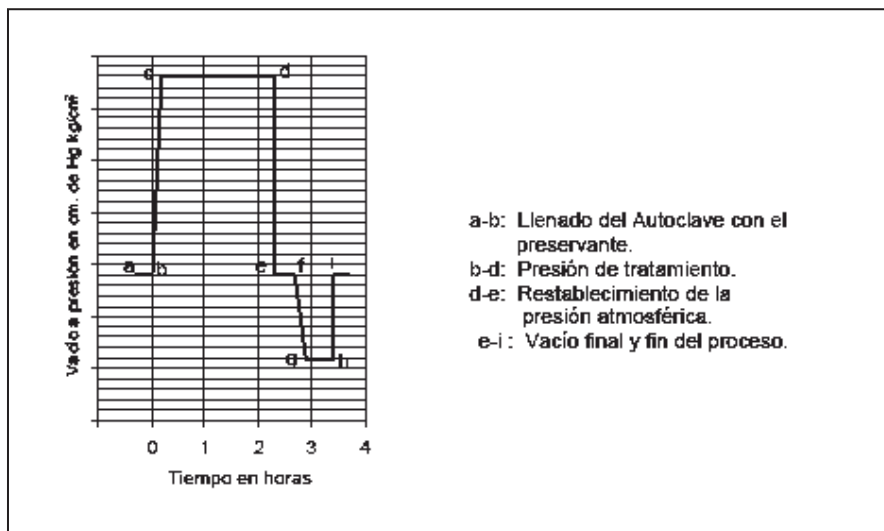


Figura 15. Proceso Lowry

8 RENTABILIDAD DE LA PRESERVACIÓN DE LA MADERA

Actualmente la industria de la preservación de la madera en México, empieza a tener demanda y a darse a conocer más en el país ya que si se compara con la de otros países es muy baja, ya que no cuenta con la tecnología adecuada para competir, además de que los productos preservantes no son de uso muy comercial y se tienen dificultades para conseguirlos.

La preservación de la madera es muy rentable siempre y cuando se tenga una demanda de tratamiento considerable ya que la inversión de instalación es muy alta pero a la larga es muy rentable.

Según información de la planta de tratamiento de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, el costo adicional de la preservación de la madera es de un 20 % pero el beneficio es de un 500%.

9 RECOMENDACION

Es necesario conocer los antecedentes históricos de la preservación de la madera para un mejor cuidado y protección de las obras hechas de este material en servicio que se encuentran al aire libre, para que la madera no pierda su belleza sea rentable y conserve sus propiedades. La preservación de la madera en exteriores es indispensable, ya que la protege de agentes tanto biológicos como atmosféricos, haciéndola más resistente a posibles ataques, la cantidad y calidad del preservante está en función del tipo de madera de que están hechas las obras y del uso que se le va a dar.

LITERATURA CITADA

Aburto Guzmán, G. 2006. *Impregnación de la madera de mango (Mangifera indica L.) con sales CCA y sales de boro por los métodos de inmersión y célula llena*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. UMSNH. Morelia, Mich. México.

ASTM (American Society for Testing and Materials). 2000. D-4442-92. *Standard Test Methods for Direct Moisture Content Measurement of Wood and Wood Base Materials*. PA. USA.

AWPA (American Wood Preserver's Association). 1991. M2-83 *Standard for inspection of treated timber products*. Woodstock, MD, USA.

COFAN (Comisión Forestal de América del Norte). 1999. *Manual de Construcción de estructuras ligeras de madera*. Segunda edición. Comaco. México, D. F.

Cruz de León, J. 2006. *Manual para la conservación y preservación de la madera estructural en edificios históricos*. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. UMSNH. Morelia, Mich. México.

Giovanni Liotta. 2000. *Los insectos y sus daños en la madera*. Nerea, Sevilla, España.

Hans-Peter Sutter. 1997. *Holzschädlinge an Kulturgütern erkennen und bekämpfen*, 3. Unveränderte Auflage. Verlag Paul Haupt, Bern-Stuttgart-Wien.

JUNAC (Junta del Acuerdo de Cartagena), 1988. *Manual del grupo andino para la preservación de maderas*. Lima. Perú.

ONNCCE (Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y de la Edificación S. C.). 2003. *Industria de la Construcción-madera preservada a presión- clasificación requisitos*. Norma mexicana NMX-C-322-ONNCCE. México.

Peraza Sánchez, F. 2001. *Protección preventiva de la Madera*, AITIM, Madrid, España.

Robert A. Zabel & Jeffrey J. Morrel, *Wood Microbiology: Decay and Prevention*. Academic Press, San Diego. USA.

Rodríguez Barreal, J. A. 1998. *Patología de la Madera*. Mundiprensa. Madrid.

Sánchez, 2005. *Preservación a presión comparando los métodos, célula llena (BETHELL) contra célula vacía (LOWRY) impregnando madera de Pinus leiophylla Schl. & Cham. con sales CCA.* Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. UMSNH. Morelia, Mich. México.

Tuset R. ; Duran F. 1979. *Manual de Maderas Comerciales, Equipos y Procesos de Utilización.* Uruguay.

Páginas electrónicas consultadas.

http://www.lignumfacile.es/maderayexterior/index.php?option=com_content&task=view&id=357&Itemid=148. Consultada el 05 de octubre de 2009.

<http://www.docentes.unal.edu.co/caechavarrial/docs/Modulosecadoimmunizacionmadera.pdf>. Consultada el 10 de octubre de 2010.

http://www.lignumfacile.es/maderayexterior/index.php?option=com_content&task=view&id=19&Itemid=149. Consultada el 07 de octubre de 2009).

http://es.wikibooks.org/wiki/Patolog%C3%ADa_de_la_edificaci%C3%B3n/Entramados_de_madera/Entramados/Causas_materiales_y_mecanismos_de_deterioro/Agentes_y_mecanismos_abi%C3%B3ticos. Consultada el 07 de octubre del 2009.

http://www.gusilina.com/taller/biblioteca_archivos/xilofagos.pdf. Consultada el 28 de septiembre del 2009.

http://es.wikibooks.org/wiki/Patolog%C3%ADa_de_la_edificaci%C3%B3n/Entramados_de_madera/Entramados/Causas_materiales_y_mecanismos_de_deterioro/Agentes_y_mecanismos_abi%C3%B3ti. Consultada el 05 de octubre del 2009.

<http://www.saludambiental.net/actualidad10.htm>. Consultada el 12 de octubre del 2009.

http://www.lignumfacile.es/maderayexterior/index.php?option=com_content&task=view&id=19&Itemid=149. Consultada el 15 de octubre del 2009.

www.infomadera.net/.../informacion_general_51_proteccion.pdf. Consultada el 25 de agosto del 2009.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Madera>. Consultada el 12 de octubre del 2009.

<http://wapedia.mobi/es/Madera?t=10>. Consultada el 13 de Octubre del 2009).

http://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_1368_17243.pdf. Consultada el 13 de septiembre del 2009.

<http://redalyc.uaemex.mx/pdf/621/62101205.pdf>. Consultada el 15 de septiembre del 2009.

<http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/24137/2/articulo1.pdf>. Consultada el 25 de septiembre del 2009.

<http://www.tusventanas.es/es-carpinteria-jose-rutia-s-l--consejos.html>. Consultada el 10 octubre del 2009.

<http://redalyc.uaemex.mx/pdf/621/62101205.pdf>. Consultada el 19 de octubre del 2009.

www.tecmasa.com/biologia/hongos-xilofagos.asp. Consultada el 21 enero del 2010.

Restauradoresdearte.blogspot.com/2008/05/agentes-de-deterioro-biticos. Consultada el 20 de enero del 2010.

www.luzrazante.com/wp-content/uploads/2009/03/photo.jpg&imgrefurl. Consultada el 21 de enero del 2010.

http://www.abiosan.es/dame_imagen.phf?id. Consultada el 21 de enero del 2010.

http://www.cienciatk.csic.es/cienciatk_fotos/FO008776.jpg. Consultada el 22 de enero del 2010.

www.hectorscerbo.com.ar/blog/index.php?option...... Consultada el 22 de enero del 2010.

http://webdelprofesor.ula.ve/forestal/moranest/pagina_personal/presentaciones/preservacion_2pdf. Consultada el 25 de enero del 2010.

www.decorespacio.com/formacion/quieres_ser_el. Consultada el 25 de enero del 2010.

APÉNDICE

NORMAS EUROPEAS SOBRE LA PROTECCIÓN DE LA MADERA

EN 335-1 (1992)	Durabilidad de la madera y de los materiales derivados de la madera Definición de las clases de riesgo de ataque biológico Parte 1: Generalidades
EN 335-2 (1992)	Durabilidad de la madera y de los materiales derivados de la madera Definición de las clases de riesgos de ataque biológico Parte 2: Aplicación a la madera maciza
EN 335-3 (1992)	Durabilidad de la madera y de los materiales derivados de la madera Definición de las clases de riesgo de ataque biológico Parte 3: Aplicación a los paneles a base de madera
EN 350-1 (1994)	Durabilidad de la madera y de los materiales derivados de la madera Durabilidad natural de la madera maciza Parte 1: Guía de los principios de ensayo y de clasificación de la durabilidad natural de la madera
EN 350-2 (1994)	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 de la madera y de la impregnabilidad de especies de madera elegidas por su importancia en Europa
EN 351-1 (1995)	Durabilidad de la madera y de los materiales derivados de la madera Madera maciza tratada con producto de protección Parte 1: Clasificación de las penetraciones y retenciones de los productos de protección
EN 351-2 (1995)	Durabilidad de la madera y de los materiales derivados de la madera Madera maciza tratada con producto de protección Parte 2: Guía de muestras para el análisis de la madera tratada con un producto de protección
EN 460 (1994)	Durabilidad de la madera y de los materiales derivados de este material. Durabilidad natural de la madera maciza Guía de exigencias de durabilidad de la madera para su uso según las clases de riesgo
EN 599-1 (1996)	Durabilidad de la madera y de los materiales derivados de la esta. Prestaciones de los productos preventivos de protección de la madera establecidas para los ensayos biológicos Parte 1: Especificaciones por clases de riesgo
NF B 50-105-3 (1998)	Durabilidad de la madera y de los materiales derivados de la misma. Madera maciza tratada con productos de protección Parte 3: Prestaciones para la protección de las maderas adaptadas en la Francia metropolitana y certificado de tratamiento
UNE 56-414	Protección de maderas. Clasificación de los protectores biocidas, atendiendo a su naturaleza
UNE 56416	Protección de maderas. Métodos de tratamiento
UNE 56424	Productos protectores de la madera. Guía para el muestreo y preparación de los productos protectores de la madera y de la madera tratada para su análisis.
UNE-CEN/TR 14542	Durabilidad de la madera y de los productos derivados de la madera. Guía para la validación de los resultados de ensayo según normas antiguas después de su revisión.
UNE-CEN/TR 14734 IN	Determinación de la impregnabilidad de las especies de madera por productos protectores. Método de laboratorio.
UNE-EN 14128	Durabilidad de la madera y de los materiales derivados de la madera. Criterios

	de prestación de los productos curativos protectores de la madera determinados mediante ensayos biológicos
UNE-EN 335-1	Durabilidad de la madera y de sus materiales derivados. Definición de las clases de riesgo de ataque biológico. Parte1: generalidades (versión oficial en 335-1:1992).
UNE-EN 335-2	Durabilidad de la madera y de sus productos derivados. Definición de las clases de riesgo de ataque biológico. Parte 2: Aplicación a madera maciza. (versión oficial en 335-2:1992).
UNE-EN 335-3	Durabilidad de la madera y de sus productos derivados. Definición de las clases de riesgo de ataque biológico. Parte 3: aplicación a los tableros derivados de la madera.
UNE-EN 351-1:2008	Durabilidad de la madera y de los productos derivados de la madera. Madera maciza tratada con productos protectores. Parte 1: clasificación de las penetraciones y retenciones de los productos protectores.