

## TC-4

**CRITERIOS PARA LA PROTECCIÓN POR DISEÑO DE LA MADERA  
COMO MATERIAL CONSTRUCTIVO EN EXTERIORES**

Fonseca, Maritza  
 Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela  
 maritzaf@ula.ve

Por acción de los agentes externos tales como sol, lluvia, humedad, aplicación de cargas, viento, entre otros, la madera puede padecer cambios físicos y químicos que disminuyen, total o parcialmente, sus propiedades como material en la construcción. Estas afectaciones se evidencian en una serie de patologías y lesiones que comúnmente se observan en las construcciones en madera y que conllevan a la sustitución del material y al deterioro de la imagen de la madera como material adecuado para la construcción, situación que poco ocurre con materiales como el hierro y el hormigón.

Ciertamente cuando se observa el deterioro de un elemento constructivo en hierro, expuesto a los agentes naturales en el exterior, inmediatamente se ha de suponer que este deterioro es consecuencia de la mala protección y el bajo mantenimiento, es decir, se sabe que es necesario proteger el material. Sin embargo, cuando esto ocurre con la madera inmediatamente se piensa, con equivocación, en la mala calidad del material, en lo poco duradero que se cree que es, en lo poco resistente, en lo feo que se ve deteriorado y en lo costosa que resultó su instalación. Rara vez se entiende que, al igual que el hierro, el deterioro de la madera se presenta por una inadecuada colocación, protección o un escaso mantenimiento.



En general la información referida a como instalar y mantener adecuadamente la madera en la construcción al exterior es escasa, sin embargo se observa que en el interior existe un mayor conocimiento de lo que hay que hacer. En la mayoría de las casas existe una importante cantidad de mobiliario en madera y casi siempre se tienen cuidados especiales para con

estos objetos: Se colocan portavasos que impidan que la humedad quede en la superficie del mueble, se limpian periódicamente con productos específicos para muebles de madera, se les quita el polvo con paños suaves que evitan el rayado de las superficies. Entonces cabe preguntarse ¿Por qué no hacemos lo mismo con los componentes constructivos y estructurales de madera?, ¿Por qué permitimos que la humedad y el sol los ataquen?, ¿Por qué utilizamos cualquier producto para limpiarlos?, entre otras preguntas. Se piensa que la respuesta a estas interrogantes es sencilla, no hay información suficientemente sencilla y fácil de obtener al respecto.

Esta es la razón principal por la cual en la etapa de tesis final del Magister en Construcción en Madera en la Universidad del BIO BIO en Chile, se ha decidido desarrollar un manual de Protección de la Madera en la Construcción. La intención fundamental del manual es poner a la disposición de arquitectos, constructores, ingenieros estructurales y usuarios de la madera en construcción, la información básica necesaria para hacer un buen uso de la madera desde la etapa de diseño, a fin de garantizar edificaciones menos vulnerables y promover el uso de la madera como material de construcción en Venezuela.

Fundamentalmente se ha hecho una revisión documental, acompañada de algunas investigaciones de campo, pruebas de laboratorio, visitas a empresas y asesorías de industriales, a fin de evaluar las posibilidades de protección de la madera y establecer un camino factible para que en Venezuela se materialicen obras duraderas en madera; material que además de sus bondades perceptuales y su adaptabilidad al diseño, nos ofrece la posibilidad de generar una arquitectura equilibrada con el medio ambiente.

En base a lo indagado, hoy se muestra una parte esencial de la investigación en curso. Básicamente se abordan los aspectos teóricos que han fundamentado una serie de criterios de diseño arquitectónico que son la recomendación final, producto de este trabajo, de los cuales se hace una descripción detallada y que se muestran materializados en los proyectos guiados por el autor y desarrollados en el seminario de madera que actualmente se dicta en la Facultad de Arquitectura y diseño de la Universidad de Los Andes.

A continuación pasaremos a revisar los aspectos teóricos que permitirán la comprensión de la propuesta final.

¿Cómo se comporta la madera en el exterior?



La madera, como material orgánico, es susceptible de ser atacada por agentes bióticos y abióticos, pero ha demostrado que dependiendo de las formas de utilización y la especie trabajada, la madera puede ser muy duradera, aún en situaciones climáticas extremas.

La madera interactúa con el sol, la lluvia y el viento, y al igual que nuestra piel, requiere de determinadas protecciones para no deteriorarse. Tales protecciones van a variar dependiendo del grado de exposición a los agentes degradantes y de las características propias de la especie.

*"El deterioro de la madera implica cambios de color, rugosidad y resquebrajamiento de la superficie, pérdidas de fibras de la superficie y alabeo"* (Fernández, 1994)

La madera requiere ser protegida a fin de evitar la manifestación de lesiones o daños en la macro y micro estructura del material, que conllevan al deterioro físico y mecánico de los componentes constructivos. Estos factores de deterioro también pueden ser los microorganismos que atacan la superficie de la madera.

Las lesiones o daños manifiestos se denominan patologías. De alguna manera podremos asociar estos daños a los causados en nuestro cuerpo cuando lo exponemos de manera inadecuada a los agentes de deterioro. Se denomina entonces agentes de deterioro de la madera a los agentes que afectan la integridad física del material.

A continuación se muestra a modo de resumen una tabla de contenidos explicativa de los agentes bióticos y abióticos que causan deterioro de la madera y los defectos que de su ataque se generan.

<b>Ataque de Mohos y Hongos</b>		
		
<b>Ataque de hongos xilófagos</b>	Pudrición Suave o Blanda	Destruye la celulosa y se caracteriza por ser superficial degradando la madera hasta adquirir una consistencia grasosa y de color oscuro
	Pudrición Blanca	Destruye todos los componentes de la madera, tanto la lignina como los carbohidratos, el material residual semeja un esqueleto de madera sin coloración oscura.
	Pudrición Parda	Se descompone la celulosa y sus pentosas asociadas, afectando poco o nada la lignina. La parte atacada se contrae agrietándose perpendicularmente a las fibras tomando conformaciones cúbicas.
<b>Ataque de mohos y hongos cromógenos</b>	Pudrición y manchas	No destruyen las células pero se alimentan de las sustancias contenidas en el interior de éstas. Atacan la madera con contenido de humedad superior al PSF (27 a 30% CH)
		Los mohos constituyen formaciones algodonosas en la superficie. Se pueden eliminar fácilmente en la madera seca mediante cepillado.
		Los hongos cromógenos penetran en la madera oscureciéndola por zonas.
<b>Ataque de insectos</b>		
<b>Ataque de insectos Después de la puesta en servicio</b>	Isópteros:Termitas subterráneas,	Se alimentan de la madera y la utilizan como vivienda perforando túneles que la debilitan seriamente.
	escarabajos	Depositán sus huevos en los poros de la madera, de donde nacen la larva que perfora túneles en el interior
	Isópteros:hormigas carpinteras o comejenes	No se alimentan de la madera pero la perforan para crear galerías para vivir.

<b>Defectos relativos al Ataque de Agentes Biológicos</b>			
			
Agente de deterioro	Denominación de la lesión	Características de la lesión.	
Insecto	Acañonado	Orificio casi cilíndrico en el interior de una troza como consecuencia del atabacado	
	Atabacado	Proceso de pudrición de color castaño caracterizado por la desintegración del leño en un polvo de color pardo.	
Hongo	Mancha	Cambio de color producido por hongos que descomponen la estructura leñosa	
Insecto	Perforaciones grandes	Agujeros con diámetro iguales o mayores a 3mm producido por insectos o larvas perforadoras	
Insecto	Perforaciones pequeñas	Agujeros con diámetro menor o igual a 3mm, producidos por insectos o larvas perforadoras	
Hongo	Pudrición avanzada	Etapas de descomposición en la que la madera presenta cambios evidentes en su apariencia, peso específico, composición, dureza y otras características mecánicas.	
Hongo	Pudrición castaña	Caracterizada por una coloración castaña como consecuencia de la descomposición de la celulosa.	
Hongo	Pudrición clara	Caracterizada por la coloración clara de la madera como consecuencia de la lignina además de las holocelulosas.	
Hongo	Pudrición incipiente	Etapas iniciales de la descomposición en la cual la madera pierde sus propiedades mecánicas y puede sufrir cambios de color debido al ataque de hongos.	
<p>Los agentes bióticos para sobrevivir requieren de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Fuente de alimentación.</li> <li>Humedad adecuada.</li> <li>Fuente de oxígeno.</li> <li>Temperatura.</li> <li>pH adecuado</li> </ul>			

<b>Ataque de otros Agentes Bióticos</b>		
Agente Biótico	Características	
Radiación Sol y Luz	La luz del sol genera una degradación fotoquímica o foto-oxidante, observándose en la madera cambios de color producto de la descomposición de la lignina en las células superficiales, a una profundidad aproximada de 0.05 a 2.5 milímetros. La luz visible genera la despolimerización de la lignina y los constituyentes de la pared celular, ocasionando un deterioro de la microestructura de la madera. Estos cambios de color se caracterizan al inicio por ser amarillentos o hacia tonalidades café, llegando a cambiar el color de la madera hasta tonalidades grisáceas.	
Viento	El oxígeno del aire oxida la madera y la envejece. La combinación del viento con arena y suciedad produce una acción abrasiva y mecánica que aumenta la degradación del material.	
Gases Ambientales	Contribuyen con la oxidación de la madera	
Variaciones de Temperatura y humedad	<p>Causan contracción y dilatación o hinchazón en la madera, lo que genera grietas superficiales, que con el tiempo pueden convertirse en grandes grietas, rajaduras, torceduras.</p> <p>El agua que es absorbida en la pared celular genera tensiones en la madera que se manifiestan en mayor medida en la superficie.</p> <p>El calor no es un factor crítico, sin embargo es importante señalar que e medida que aumenta el calor, aumenta la velocidad de las reacciones fotoquímicas oxidantes.</p>	
Propiedades afectadas durante la exposición a la intemperie		
Tipo de cambio	Causa	Consecuencia
Cambios Químicos	Cambio del contenido de lignina en la materia fotoirradiada. La lignina, sustancia intercelular, pasa a la superficie dejando en el interior básicamente celulosa.	Lixiviado de la lignina, que generará desfibramiento por ausencia de lignina.*
Cambios de Color	<p>Fotooxidación química de la lignina y extraíbles de la madera.</p> <p>El color gris se debe fundamentalmente a la presencia de hongos en la superficie, gracias a la humedad,</p>	<p>Manchas que en principio son amarillas y pueden llegar a ser grises y plata.</p> <p>*A medida que el desfibramiento es mayor las manchas grises y café pasan a ser más profundas.</p>
Cambios físicos	Acción combinada de sol y humedad	Grietas y/o rajaduras
Cambios Microscópicos (asociados a los cambios físicos)	Acción combinada de sol y humedad	Microquebraduras: Producto del agrandamiento de las aberturas de las punteaduras y /o contracción de las paredes celulares.

Defectos observados Producto del Secado	
Alabeo	Deformación. Curvatura de los ejes longitudinal o transversal o de ambos.
Abarquillado	Alabeo de las caras en dirección transversal
Arqueadura o combado	Alabeo de las caras en la dirección longitudinal.
Colapso	Reducción de dimensiones de la madera, debido al aplastamiento de las cavidades celulares. Puede observarse como un corrugado en la superficie.
Encorvadura	Alabeo de los cantos en sentido longitudinal
Endurecimiento Superficial	Compresión de las capas externas y tensión en la parte interna.
Grieta	Separación de los elementos constitutivos de la madera
Rajadura	Separación de los elementos constitutivos de la madera extendida en la dirección del eje longitudinal de la pieza y afecta totalmente el espesor de la pieza o dos puntos opuestos de una madera rolliza.
Torcedura	Alabeo simultáneo en las direcciones longitudinal y transversal.

Al investigar acerca de los agentes de deterioro y determinar los daños que a los componentes constructivos, fundamentalmente los estructurales, estos pueden causar; Se proponen a continuación una serie de criterios para que sea el diseño quien permita el desenvolvimiento adecuado de la madera como material de construcción dentro de una edificación.

### **Criterios de Protección por diseño:**

Agente de Deterioro de la madera en exteriores	Consecuencias del ataque		
agua	putrición	Lavado de extraíbles	Vulnerabilidad de la madera al ataque de agentes bióticos
sol	despigmentación	desfibración	
viento	oxidación	envejecimiento	

A fin de evitar la inadecuada exposición al sol y al agua, una vez que se conocen los daños que estos agentes pueden producir en la madera, resulta necesario establecer una serie de criterios, que se constituyan en recomendaciones de diseño para la planificación del diseño y la construcción de obras en madera.

El establecimiento de éstos criterios responde también al interés particular de encontrar alternativas amigables con el medio ambiente a fin de sustituir o eliminar el uso de madera preservada con sales CCA u CCB, las cuales, se ha demostrado, constituyen un agente de deterioro medioambiental y de peligro a la salud de los seres humanos; además de que imposibilita el reciclaje del material.

### **Criterios de Diseño:**

#### 1. Selección adecuada del material.

Madera seca, derecha, sin "defectos" o características anatómicas que la hagan vulnerable.

La Madera posee lo que denominamos Durabilidad Natural entendida como la capacidad propia de las maderas a resistir el ataque de hongos, insectos u otros agentes destructores. La durabilidad natural de la madera tiene tres categorías conocidas: Maderas Altamente Durables, Maderas Medianamente Durables y Maderas Poco Durables. La durabilidad natural de la madera determina en gran medida la necesidad de preservación o inmunización. Algunas especies tienen buena durabilidad natural debido a la presencia de compuestos tóxicos para los hongos. Existen diferencias de durabilidad entre la Albura y el Duramen, al igual que existen diferencias sustanciales entre distintas especies maderables.

El momento de la tala, la ubicación del árbol con respecto al viento, las características del suelo, los cambios estacionales, entre otros muchos factores, determinarán las características anatómicas de una madera en la macro y la microestructura que puedan denominarse "defectos" que podrán incidir en la mayor o menor durabilidad del material.

2. Diseño arquitectónico coherente: El diseño podrá evitar la inadecuada exposición de la madera a los agentes de deterioro, obligando al arquitecto a generar un diseño en detalle que oriente al constructor para la colocación, unión y protección correcta de los componentes constructivos. Para



esto se ha dividido la protección por diseño en distintos tópicos para su mejor comprensión y aplicación por parte de los diseñadores:

2.1. En cuanto a las Instalaciones: Toda edificación requiere servicios. Las instalaciones pueden constituir un agente de deterioro si no son planificadas de forma saludable para la madera. Así es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Agrupación de las zonas húmedas: En la medida en que las instalaciones húmedas estén menos dispersas en la edificación su mantenimiento se hará con mayor facilidad, y los componentes constructivos que las contienen o soportan, pueden ser diseñados de forma independiente a los componentes estructurales, para evitar deterioro en caso de averías.
- Exteriorización de las instalaciones: En la medida en que las instalaciones sean más independientes de la madera, mucho mejor. Las instalaciones externas a los componentes estructurales de madera, impiden que los accidentes eventualmente se constituyan en agentes de deterioro.
- Diseño de tabiques o paredes húmedas: Adicional a la agrupación de las zonas húmedas, se pueden diseñar elementos especiales para contener las instalaciones sanitarias, de forma independiente a la estructura, lo que facilitará su mantenimiento o remoción en caso de daños o deterioro.
- Aislamiento del fuego en zonas de calor: Aún cuando la madera tiene mayor durabilidad ante el fuego, comparada otros materiales, entre ellos el acero, es recomendable evitar en la edificación la propagación del fuego. El uso de la madera en combinación con otros materiales con índices elevados de resistencia al calor, es la vía ideal para evitar accidentes por fuego. En este caso particular se recomienda la combinación con materiales cerámicos y pétreos que en general tengan buena resistencia al ataque por fuego. Igualmente es necesaria la adecuada ventilación de las zonas de almacenamiento y conducción del gas.

2.2. En cuanto Configuración:

- Aislamiento:

Del suelo: Elevación y aireación de la plataforma, pilares o tabiques con respecto al suelo.



Del agua: Terminaciones para goteo, en ventanas, puertas, aleros de techo, y fachadas en general. Evitar la acumulación de agua por períodos prolongados en la superficie de la madera.

Del sol: Protección de la estructura en fachadas contra insolación

- Diseño especial de juntas y uniones:

Uso de materiales menos vulnerables a las acción repetida del sol y el agua.

Diseño de uniones, anclajes o vínculos metálicos protegidos a lo interno de la madera.

Uso de herrajes, vínculos o uniones metálicas con protección ante la corrosión.

Manejo adecuado de las tolerancias para en ensanchamiento y contracción de la madera.



- Recubrimientos:

Uso de productos indicados específicamente para proteger la madera en exteriores.

Para la protección de la acción del sol: Productos con color, sin formación de película.

Para la protección contra la acción del agua: el deterioro o la protección dependerán directamente de la adecuada protección contra la acción del sol.



Uso de productos de poro abierto, que permitan que la madera respire, para que produzca sus variaciones dimensionales de forma armónica con las variaciones de temperatura y humedad del entorno.

En general se pretende que la arquitectura en madera disfrute del lenguaje propio del material, de su color, de sus texturas, y para esto debe garantizar la durabilidad del material en las condiciones

originarias de la obra, adaptarse a las posibilidades de mantenimiento de los usuarios y proyectarse con todos los detalles requeridos para que la materialización de la edificación sea la esperada. La madera es un material noble, usado por miles de años, con posibilidades de ser utilizada como un material de construcción de ciclo cerrado y que requiere de la atención cuidadosa a la hora de la ejecución del proyecto.

## **Bibliografía**

- Fernández, A. M. ((1994)). *Revestimientos para Madera*. Concepción-Chile: FONDO DE DESARROLLO PARA LA DOCENCIA. UNIVERSIDAD DEL BIO BIO. DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN MADERAS.
- JUNAC. (1985). *Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino*. Lima –Perú: JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAJENA.
- JUNAC. (1988). *Manual del Grupo Andino para la Preservación de Maderas*. Lima –Perú: JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAJENA.
- MORGANS, W. ( 1990). *Outlines of paint technology* . Great Britain: 3ra edición.
- Williams, R., & Feist, W. (1987). *Paint adhesión to weathered Wood*. Journal of Coatings Technology