

III .1 Propiedades y características de la madera.

Las propiedades de la madera dependen de: el crecimiento del árbol (vertical o inclinado); la forma de sus ramas principales y en que momento de la vida del árbol fue talado; el contenido de humedad de la madera, así como la dirección de sus fibras; la cantidad del elemento básico que forman las paredes celulares de la madera; la disposición y orientación de los materiales que forman la pared celular y su composición química, el cual explicaría el comportamiento anisotrópico.

Propiedades físicas.

Densidad o masa específica. Se define como la razón entre la masa y el volumen;

$$\ell = m / v$$

donde:

ℓ es la densidad,
 m es la masa y,
 v es el volumen.

Las unidades de la densidad, en el SI, son [Kg / m³].

El peso específico. Se define como la razón entre el peso y el volumen;

$$\gamma = w / v$$

donde :

γ es el peso específico,
 w es el peso y ,
 v es el volumen.

Las unidades de la densidad, en el SI, son [N / m³].

Cabe mencionar que en algunas tablas de valores, no se especifica si se trata de densidad o peso específico cuando este último se obtiene en kg_f / m³, debido a que los valores absolutos de la densidad en el SI y del peso específico en el sistema gravitacional no varía. A partir de ahora solo mencionaremos la densidad.

Una característica importante es el contenido de humedad inicial ya que la madera es un material poroso, higroscópico que además contiene muchos extractivos, entre ellos: la lignina, la celulosa y la hemicelulosa. El volumen y su peso varían con los cambios en el contenido de humedad, por lo tanto su densidad depende de las condiciones con las cuáles se hizo la medición.

La densidad de la madera se puede calcular en los siguientes estados: madera en estado verde (Vv), es decir cuando la madera está saturada de agua y no sufre más expansiones o contracciones, y la otra, cuando la madera está en estado seco, anhidro (Pa), estado donde la madera no sufre de contracciones.

Si la madera posee un contenido de humedad del 12 %, se dice que la densidad es normal, mientras que si su contenido de humedad del 30 %, que es el punto de saturación de la fibra, entonces se considera de densidad básica. La densidad está íntimamente ligada con la resistencia, con la conductividad térmica y con otras características y propiedades.

En la tabla 5 se dan las densidades para algunas maderas mexicanas, usadas tanto en la construcción como en la elaboración de muebles.

Nombre común	Densidad (Pa/ Vv) Kg / cm ³	Densidad (Pa/ Vv) gr / cm ³
Pino blanco	450	0.45
Pino chino	460	0.46
Pino lacio	450	0.45
Tzalam	600	0.60
Machiche	760	0.76
Ceiba	280	0.28
Guanacaste	350	0.35
Cedrillo	520	0.52
Oyamel	380	0.38
Encino	710	0.71
Caoba	400	0.40

Tabla 5. Densidad de la madera donde Pa (peso anhidro) y Vv (volumen verde).

Las maderas ligeras o de baja densidad resultan ser de tonos claros, blandas, muy elásticas, fáciles de trabajar y poco durables. Mientras que las maderas de alta densidad son oscuras, duras y resistentes, de alta durabilidad y de tacto muy fino.

Peso de la madera.

El peso (w) de la madera en el SI se da en Newton equivalente a $[kg\ m/seg^2]$:

$$\text{así } w = m\ g\ [N];$$

donde:

$$m = \text{masa}\ [Kg]$$

$$g = 9.81\ [m/seg^2]$$

El peso total de la madera es la suma de los pesos correspondientes de:

- la madera anhidra,
- el agua contenida en las paredes celulares y en los espacios libres, y,
- extractivos tales como; resinas, aceites etc.

La densidad de la madera es muy variable, va desde valores pequeños que pertenecen a maderas muy ligeras y quebradizas como la madera balsa de solo $100\ [Kg/m^3]$, a valores de $1300\ [Kg/m^3]$ de la madera de Guayacán siendo está última muy dura y pesada. En cuanto a la madera de pino que es la más usada en la construcción, su densidad varía de $300\ [Kg/m^3]$ a $650\ [Kg/m^3]$, con un contenido de humedad del 15% mientras su peso varía de $390\ [Kg/m^3]$ a $710\ [Kg/m^3]$.

Propiedades térmicas.

Las propiedades térmicas de la madera resultan ser ventajosas con respecto a otros materiales de construcción. Como ya mencionamos, la madera es un material anisotrópico y los valores de sus coeficientes de expansión térmica (ΔL) varían según sus ejes. Estos valores resultan ser del orden de $1/3$ a $1/10$ de los valores comunes para materiales como el metal, el concreto o el vidrio.

El coeficiente de expansión térmica (ΔL) varía directamente con la densidad de la madera, en especial en la dirección tangencial y radial. Con el modelo matemático siguiente, se puede determinar el cambio dimensional de la madera a causa de las variaciones de la temperatura.

$$\Delta L = \ell \cdot L_i \cdot \Delta T$$

donde:

ΔL = cambio dimensional lineal en centímetros [cm],
 ℓ = coeficiente de expansión lineal igual a [$1/^\circ\text{C}$],
 L_i = dimensión lineal inicial en centímetros [cm] y ,
 ΔT = cambio de temperatura sufrida en grados Celsius [$^\circ\text{C}$].

Coeficiente de conductividad térmica (λ).

Se define como la cantidad de calor en kilocalorías [kcal], a la cantidad de calor que pasa a través de las caras opuestas de un cubo de arista igual a un metro, de forma permanente y que tienen una diferencia de temperatura de 1°C entre sus caras. En el SI las unidades son [$\text{W}/\text{m}^\circ\text{C}$]. La conductividad térmica es una propiedad física que indica con que facilidad una cierta sustancia puede transmitir el calor. En la madera, la conductividad térmica, depende principalmente de los siguientes factores: la temperatura, la dirección de la fibra, el contenido de humedad, los extractivos que contiene y algunos defectos tales como nudos y grietas, entre otros. En la construcción se sigue utilizando materiales que superan a la madera en la conducción del calor, en la tabla 6 se aprecian estos valores.

Material.	λ (CGS) [cgs kcal/m h $^\circ\text{C}$]
Aluminio	172
Acero	39
Hormigón	1.0
Ladrillo macizo	0.75
Vidrio	0.60
Yeso	0.45
Madera de latifoliadas	0.15
Madera de coníferas	0.11
Tablero de partículas	0.08
Tablero de fibras	0.06

Tabla 6. Valores de conductividad térmica para algunos materiales.

donde una [kcal] equivale a 1.163 [W].

Conductividad eléctrica.

En general la madera es un mal conductor del calor debido a que tiene una gran cantidad de poros, los cuales contienen aire. Si la madera permanece seca es mala conductora, pero si está saturada su conductividad aumenta, por lo que es importante mantener la madera seca. La resistencia a la conductividad eléctrica crece a medida que aumenta la densidad de la madera. La madera como aislante

tiene una resistencia que varía entre 3×10^{17} y 3×10^{18} [Ω cm], comparándose de forma favorable con la de la baquelita que es de 1×10^{12} [Ω cm].

Dureza.

La dureza es la resistencia que opone el material al desgaste, al rayado o a ser penetrada por clavos o brocas y está en función de su densidad. Si el hincado o clavado se realiza en forma paralela a las fibras la resistencia disminuye sin embargo si el hincado es perpendicular a las fibras la resistencia aumenta. Existen maderas muy duras como el encino, el palo “hierro”, el fresno y el tzalam; o muy ligeras y blandas como la madera balsa y el pino. Comparada con el acero o el concreto la madera es blanda y fácil de trabajar, permitiendo realizar cortes o efectuar uniones ya sea con otras maderas o con otros materiales.

Para determinar la penetración de una pieza en la madera se utilizan los métodos denominados Brineli y Janka.

Método Brineli. Consiste en la determinación de la huella que produce en la madera una esfera de acero de unos 10 mm de diámetro, con una carga de 200 kg, aplicada durante un minuto.

Método Janka. Consiste en determinar la carga necesaria para introducir hasta su mitad una esfera de acero de 11.284 mm de diámetro, donde el área de la esfera es $\pi d^2/4$ y la proyección del casquete es de 1 cm^2 , figura 46.

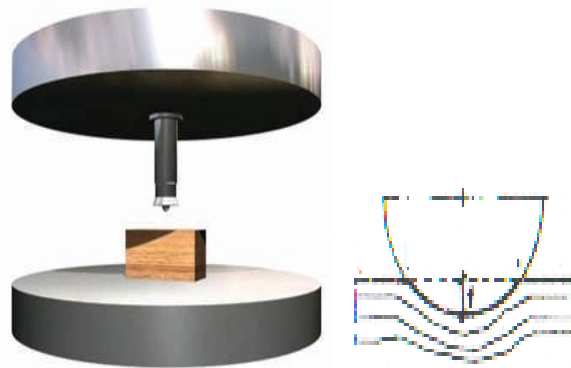


Figura 46.

Acústica.

Propiedad de la madera que también depende de su densidad; si la densidad es baja tiende a dejar pasar el ruido muy fácilmente, mientras que si es alta se evitará el paso del ruido. Algunas especies de madera poseen poros muy abiertos lo que favorece la absorción del ruido, evitando el molesto efecto del rebote en paredes y techos. La madera posee dos propiedades importantes el aislamiento y la absorción, por lo que la madera por sí sola no es una buena barrera contra el sonido y para lograr un buen aislamiento se debe combinar con otros materiales. Estos dos aspectos son muy importantes en el diseño de una construcción.

Transmisión del sonido.

La rapidez de transmisión del sonido en la madera es de aproximadamente igual a 4500 m/s, siendo esta una de las causas por la que muchos instrumentos musicales se siguen construyendo en madera.

La siguiente expresión permite calcular la rapidez de transmisión del sonido en la madera:

$$v = \sqrt{E / \ell}$$

donde :

$$\begin{aligned} v &= \text{rapidez en [m/s]}, \\ E &= \text{modulo de elasticidad de la madera [kg/cm}^2\text{] y,} \\ \ell &= \text{densidad de la madera [kg/m}^3\text{] .} \end{aligned}$$

donde la constante de proporción $k=1$ tiene por unidades $[\text{cm}^2/\text{m s}^2]$.

Otras características.

La madera posee algunas propiedades no muy agradables como el olor o el sabor, una de ellas se presenta en el guanacaste, que al cepillarla o lijarla el aserrín produce un tipo de alergia. Esta situación se previene usando cubre bocas o mascarillas.

Anisotropía.

El comportamiento tanto físico como mecánico de la madera presenta resultados diferentes según sea el plano o dirección que se considere, ya sea en la dirección longitudinal, transversal o radial, como ejemplo diremos que la resistencia es mayor en el sentido longitudinal, siendo de 20 a 200 veces más que en el sentido transversal. Como la madera no presenta las mismas características, en las diferentes direcciones entonces esta propiedad dependerá de la dirección de las fibras dando como resultado diferentes valores.

La humedad.

Ésta varía de acuerdo a su espesor, por lo que hay más humedad en el centro de la pieza que en el exterior. En general la albura tiene más humedad que el duramen. La madera es un material higroscópico que con el tiempo equilibra su humedad con la del medio ambiente, por lo que su contenido de humedad dependerá de la humedad relativa del aire.

El contenido de humedad porcentual (CH%) se obtiene de la razón entre el peso anhidro y el peso del agua multiplicada por cien.

$$\text{CH \%} = \frac{\text{PI} - \text{PA}}{\text{PA}} \times (100)$$

donde:

$$\begin{aligned} \text{PA} &= \text{peso anhidro (seco) de la madera en [gr]}, \\ \text{PI} &= \text{peso húmedo en [gr], y,} \\ \text{CH} &= \text{contenido de humedad expresado en porcentaje.} \end{aligned}$$

En general el agua que contiene la madera puede proceder de su constitución estructural, la que se encuentra en las paredes celulares (agua fija) y de las que sobrepasa el punto de saturación de la fibra (agua libre).

Cuando se da el contenido de humedad en porcentaje se tiene, por ejemplo: si una pieza de madera tiene un contenido del 15%, significa que hay 15 kilogramos de agua por cada 100 kilogramos de madera. Si la madera tiene un alto contenido de humedad ésta sede agua hasta alcanzar un estado de equilibrio con el medio ambiente, se denomina entonces *humedad de equilibrio* al porcentaje de agua que alcanza la madera, estando sometida a las condiciones de temperatura y humedad del medio ambiente.

La madera de pino llega a tener originalmente hasta un 200% de contenido de humedad y cuando es secada en estufa su contenido de humedad alcanza valores entre 7 % y 50%. Se hace notar que a menores contenidos de humedad mayor será su resistencia mecánica, por lo que es importante tomar en cuenta esta característica.

Los cambios de temperatura causados por el día y la noche provocan contracciones pequeñas en las dimensiones de la madera, Kollmann en 1959 hizo una serie de pruebas elaborando una grafica, comprobando que para casi todas las maderas el porcentaje de humedad varia desde un 100 % en condiciones ambientales hasta un 30 %, denominándose a está humedad en equilibrio, tal como se dan en la figura 47.

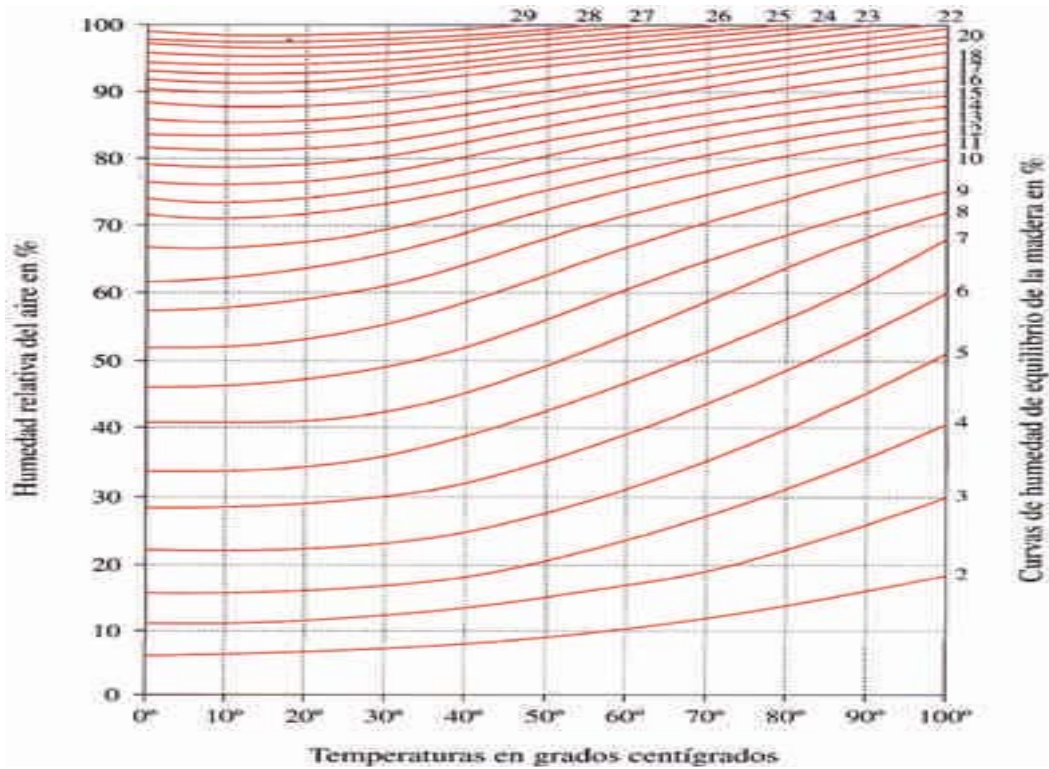


Figura 47. Contenido de humedad de la madera en equilibrio.

Si la madera pasa del estado verde al estado seco indica que va perdiendo agua, y estos estados de contenido de humedad se resumen en la tabla 7.

Contenido de humedad porcentual	Denominación
30	Madera saturada
30 – 23	Madera semi-seca
23 - 18	Madera comercialmente seca
18 - 13	Madera secada al aire
13	Madera desecada en “optimo”
0	Madera en estado anhidro

Tabla 7. Porcentajes de humedad de la madera.

De este contenido de humedad dependerán sus usos por ejemplo en obras hidráulicas, túneles, galerías, andamios, cajones para cimbras, cubiertas de madera, madera completamente cubierta de la humedad, sitios cerrados y con calefacción, y locales o casas con calefacción continua.

Las variaciones en las dimensiones de la madera dependen de la dirección de la fibra, en la dirección axial es casi insignificante siendo aproximadamente de 0.1%, en la dirección radial es mayor llegando al 6% aproximadamente y en la dirección tangencial varía entre 9% y 18%. Estos valores dependen de la densidad y de la especie que se trate, figura 48. Estos cambios llamados contracciones ocurren abajo del punto de saturación de la fibra y se denominan:

- contracción volumétrica,
- coeficiente de contracción volumétrica,
- contracción lineal tangencial, y,
- coeficiente de contracción lineal tangencial. La suma de todas estas contracciones será igual a la contracción total.

Las contracciones se ven directamente afectadas por las condiciones de trabajo, si hay disminuciones en el contenido de humedad sus dimensiones también disminuyen, mientras que si aumenta el contenido de humedad estas dimensiones aumentan, esto es; la madera al alcanzar el punto de saturación de la fibra, el cual es de un 30% aproximadamente, ya no cambia de volumen aunque alcance valores en el contenido de humedad mayores a éste porcentaje. En este punto el agua no ocupará las células de las paredes saturadas, sino los vasos y traqueidas (células de conducción y sostén) del tejido leñoso (agua libre). Por lo tanto, esta agua libre no afectará el volumen de la madera pero si puede modificar la resistencia y la dureza entre otras. A la variación de volumen de la madera en diferentes porcentajes de humedad se le denomina variación volumétrica

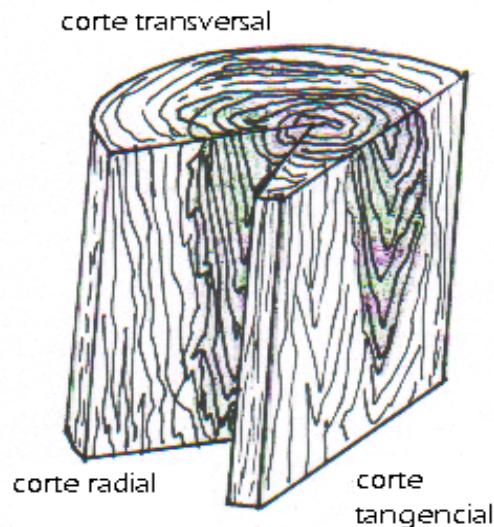











Figura 48. Direcciones principales de la madera.

Para disminuir los cambios en las dimensiones de la madera, se recurre a varios procedimientos entre ellos están el recubrir la madera externamente con barniz, pinturas, aplicar repelentes al agua (como ceras, aceites, chapopote etc.), y resinas (polientilenglicol y lasures); estos últimos disminuyen las contracciones de un 75% a un 90% .

Contenido de humedad CH	Corte tangencial	Corte mixto	Corte radial con medula
> 15 %			
15%			
< 15%			










Contenido de humedad CH	Corte tangencial parcial	Corte mixto	Corte netamente radial
> 15%			
15%			
<15%			

Tabla 8. Efectos de la deformación por contracción

Durabilidad.

Esta propiedad depende de factores como:

- la variación en el contenido de humedad,
- el contacto con el suelo,
- la especie de madera,
- el tipo de tratamiento para preservarla, y,
- las condiciones de depósito.

Unidades de comercialización de la madera.

El pie-tablón es el volumen de un prisma de 12" x 12" x 1" que es aproximadamente 0.00236 m³, el volumen de madera suelen comercializarse bajo estas dimensiones nominales. Otra manera de calcular el

pie tablón es el de multiplicar el espesor en pulgadas por el ancho en pulgadas y por el largo en pies y el resultado dividirlo entre doce.

Geometría de una pieza de madera.

Es necesario conocer los términos utilizados para nombrar todas aquellas partes de que se compone una pieza de madera.

- Cabeza: sección transversal del extremo de una pieza de madera.
- Arista: unión de dos planos que forman dos superficies adyacentes.
- Caras: superficies planas adyacentes entre si.
- Borde de una arista: superficie longitudinal colocada entre una arista y una línea imaginaria colocada al centro de la superficie o cara, este borde se encuentra a una cuarta parte de la superficie total.
- Cantos: superficies planas menores perpendiculares a las caras y paralelas entre si.

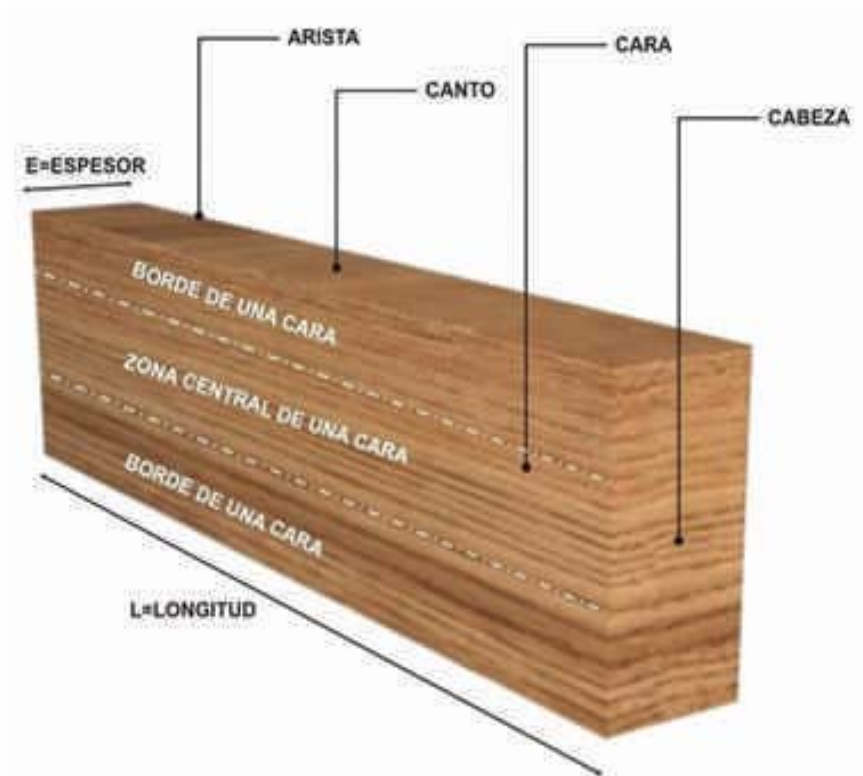


Figura 49. Términos utilizados para definir la geometría de una pieza de madera.

III.2 Conservación de la madera para su utilización en la construcción.

Cuando se trata de madera por lo general pensamos en cimbras, puertas, ventanas o vigas, cuyas propiedades mecánicas o estéticas se pierden al quedar expuestas a la intemperie o al contacto directo con el suelo la humedad, la luz solar o el fuego, por lo que es necesario protegerla de los agentes destructivos que afectan su durabilidad, tales como los llamados agentes bióticos y/o agentes abióticos.

Agentes bióticos: entre estos se encuentran, bacterias, hongos y mohos que provocan la degradación de la madera. También los mamíferos, aves y termitas provocan daños irreversibles en ella.

Agentes abióticos: entre estos están el fuego, la lluvia, el sol, agentes químicos y agentes mecánicos entre otros.

Para construir una estructura, se debe seleccionar la madera de tal forma que no tenga defectos con el propósito de reducir al mínimo el ataque de estos agentes destructores garantizando una mayor durabilidad. Una forma de proteger a la madera es con tratamientos adecuados, entonces si tenemos cuidado en la aplicación de estrategias de reforzamiento, se puede lograr que la madera tenga una durabilidad considerable con respecto a otros materiales usados en la construcción, tales como el acero, el concreto y algunos plásticos.

Aspectos importantes para proteger la madera.

Debemos evitar la acción de la humedad pues ésta provoca la proliferación de algunos hongos, además de que ocurren cambios volumétricos. Para tal efecto es necesario implementar una metodología para predecir los contenidos de humedad en el diseño de estructuras de madera. Es de suma importancia alcanzar el contenido de humedad en equilibrio con el propósito de evitar cambios tanto en sus dimensiones, como en sus características de resistencia.

Se ha observado que cuando el contenido de humedad en equilibrio varía con respecto a las estaciones del año provoca variaciones dimensionales que, deben considerarse en el diseño de estructuras permitiendo pequeños desplazamientos en elementos de unión o de sujeción. Sin embargo lo ideal sería mantener un contenido de humedad que no presente variaciones, por lo que al diseñar una estructura debe tomarse en cuenta una buena ventilación para evitar los cambios.

En algunos casos y en ciertas épocas del año se pueden usar calentadores o sistemas de calefacción avanzados que mantienen a la estructura seca. En general se debe permitir un fácil desagüe y evitar detalles de construcción que permitan la acumulación de agua.

En algunos casos será importante utilizar especies de madera que en forma natural no sean atacados por insectos, además de darle algún tratamiento. Entre ellas se encuentran: el cedro blanco, el cedro rojo, el guanacaste, el encino, el machiche, etc. En general la madera del duramen tiene mejor resistencia contra el ataque de estos agentes destructores.

En el diseño y construcción de una casa habitación, el desplante de la madera, debe hacerse sobre bases de mampostería o de concreto, con el propósito de que la madera quede separada del suelo. Si la madera está en contacto con el suelo se le aplican químicos para evitar tanto su pudrición, como el ataque de hongos o termitas. Es usual utilizar casquillos de metal en los extremos de la madera que pudieran ser afectados por el suelo, aunque estos elementos incrementarían los costos de construcción, se recomienda usarlos.

Para que la madera pueda ser considerada como un elemento indispensable en toda construcción y como algo permanente, es necesario que en nuestro país se desarrollen técnicas adecuadas para su conservación en los diferentes climas y condiciones.

Preservadores.

Actualmente en México se tienen pocos preservadores, siendo de los más usuales: los oleosos (la creosota y el pentaclorofenol) y los denominados hidrosolubles CCA (sales a base de cobre-cromo-arsénico).

La *creosota* se aplica en elementos que se utilizan como postes para teléfono, durmientes para ferrocarril; el *pentaclorofenol* se usa en forma reducida en la preservación de vigas utilizadas en tapancos o para recibir lozas de concreto. Debo hacer notar que no todas las especies de madera se adaptan a la impregnación de los productos existentes, uno de los trabajos de los investigadores nacionales será determinar que especies admiten el tratamiento.

Los investigadores Dietz y Moavenzadeth en 1977 encontraron que la madera al ser impregnada con azufre, aumenta su dureza así como su resistencia mecánica y al ataque de hongos, bacterias e insectos

En nuestro país con la gran diversidad de climas se podría pensar que los preservadores surten el mismo efecto, sin embargo la experiencia da resultados diferentes ya que no todas las especies de árboles reaccionan de forma adecuada a la impregnación de los conservadores. En general la albura de la mayoría de las especies maderables es muy permeable y puede ser penetrada muy fácilmente por preservadores, barnices o pinturas; mientras que el duramen es más difícil de penetrar. A esta madera se le suele llamar refractaria por lo que se recomienda hacerle perforaciones para facilitar su tratamiento.

Todo preservador de madera debe cumplir con requerimientos mínimos como:

- eficacia contra los organismos que afectan la madera,
- efectos duraderos,
- resistencia de inflamabilidad,
- no debe afectar la salud de la vida humana, y ,
- al aplicarlos la superficie de la madera no debe quedar grasoso dificultando de esta manera el uso de adhesivos o aplicaciones de barniz.

Cuando un elemento robusto se ve afectado por el fuego y este es parte de la estructura, se piensa que por ser un material inflamable su capacidad de carga, pronto desaparecerá. Sin embargo se ha comprobado en países con tradición en el uso de la madera, que estos elementos tienen un comportamiento superior con respecto a materiales de estructuras no combustibles como el acero.

Protección contra el fuego.

La madera cuando se encuentra en estado natural, es decir sin tratamiento, resulta ser un buen material combustible. Para iniciar la combustión se requiere una fuente calorífica y madera con oxígeno suficiente. La combustión puede ser completa o incompleta ya que la madera es mala conductora de calor por lo que retarda su combustión. En madera de secciones grandes la carbonización dificulta la entrada del aire necesario para que se realice la combustión, por lo que la temperatura mínima para la combustión no se desarrolla y la combustión se extingue. La temperatura mínima de combustión es de 275 °C, siendo un factor importante el tiempo que la madera es calentada. Por debajo de los 100 °C la madera solo deja

escapar vapor de agua, de 100 °C a 275 °C se desprenden gases incombustibles como el CO₂ ; por arriba de los 350 °C se siguen liberando gases siendo estos combustibles y entre los 400 °C y los 500 °C, la madera inicia una combustión continua siempre y cuando haya suficiente oxígeno.

Cuando un elemento robusto se ve afectado por el fuego y este es parte de la estructura, se piensa que por ser un de material inflamable su capacidad de carga, pronto desaparecerá. Sin embargo se ha comprobado principalmente en países con tradición en el uso de la madera, que estos elementos tiene un comportamiento; ante los efectos del fuego, superior con respecto a materiales de estructuras no combustibles como el acero.

Mientras que en sistemas que utilizan elementos de secciones grandes como postes (pie derecho) y vigas (soleras) se ha encontrado que el fuego ha carbonizado unos cuantos centímetros en la superficie de la madera, protegiendo al resto sin comprometer la rigidez de la estructura, esto debido a la baja conductividad térmica de la madera que solo transmite solo una pequeña cantidad de calor al resto que se encuentra más hacia adentro.

En una estructura de madera, el fuego empieza por la presencia de materiales combustibles que se encuentran en el interior del inmueble. Según la Asociación Nacional de Protección contra el fuego de Estados Unidos, existe una serie de elementos combustibles que causan fuego, en orden de importancia se da una lista en la tabla 9.

CAUSAS DE FUEGO	PORCENTAJE
Equipo de calefacción	23.8%
Por cigarrillos	17.7%
Instalación eléctrica	13.8%
Niños y cerillos	9.7%
Equipo de cocina	9.2%
Combustibles	4.9%
Depósito de gas	4.4%
Ropa	4.2%
Combustibles cerca de fuentes de calor	3.6%
Varios	8.7%

Tabla 9. Elementos que producen el fuego.

Retardantes contra el fuego.

En el diseño de una estructura de madera la resistencia al fuego está influida principalmente por sus dimensiones transversales. Sin embargo al diseñarla debemos considerar la aplicación de elementos retardantes contra el fuego, materiales aislantes a base de fibras o aplicar algún tratamiento.

Debemos aclarar que un retardante de fuego no significa “a prueba de fuego”, el tratamiento solo retarda la propagación y de esta forma se reduce el efecto de combustión en la madera. Se sabe que los egipcios usaban alumbre, los romanos le añadían vinagre y en siglo XVIII sulfato ferroso y borax. En general un retardante de fuego proporciona una capa de espuma que impide que el aire y la llama hagan contacto con la superficie de la madera impidiendo que se caliente más.

Este tipo de materiales se denominan ignífugos o retardadores de fuego, protegen a la madera haciéndola de un material combustible a otro que sea difícilmente combustible. Entre los retardantes están los que impiden que el oxígeno lleguen a la madera por solo unos cuantos minutos, inclusive aquellos que reaccionan ante el calor, liberando sustancias que atrapan el oxígeno que hay en el aire impidiendo que la madera se quemé.

Los retardantes del fuego se aplican en:

- muros exteriores de piso a techo,
- plataformas para muros interiores,
- armazones de muros,
- elementos verticales, y ,
- cubiertas y ductos de aire acondicionado.

Todo material almacenado dentro de una estructura de madera debe estar alejado de las fuentes de calor. La base de la construcción debe aumentar su protección con recubrimientos de yeso o de asbesto, ya que la madera presenta su punto crítico diez minutos antes de empezar su combustión, tiempo que se considera importante para salvar vidas humanas.

Estos tratamientos actúan como una capa protectora de espuma aislante, que permiten la emisión de gases que reducen la emisión de gases inflamables, así como la absorción de calor.

Normas existentes relacionadas con la protección contra el fuego.

- Norma Mexicana NMX-C-294-1980. “Determinación de las Características del Quemado Superficial de los Materiales de Construcción”.
- Norma Mexicana NMX-C-307-1981. “Industria de la Construcción-Edificaciones Componentes Resistencia al Fuego Determinación”.
- Norma Mexicana NMX-C-145-1982. “Industria de la Construcción Vivienda de Madera Agrupamiento y Distancias Mínimas en relación a Protección contra el Fuego- Especificaciones”.

Características de los retardantes.

- Provoca la rápida carbonización a temperaturas bajas.
- El calor se disipa rápidamente.
- Evita la salida de compuestos volátiles.

De todos los compuestos que se han propuesto los que tienen mejor resultado son aquellos formados por soluciones que tienen fosfato de amonio que, entre otras cosas reduce la flamabilidad de la madera y evita que se formen brasas. Una desventaja es que estos compuestos son muy fáciles de lavar con agua. Hay también pinturas retardantes la mayoría de estas son para interiores y su efectividad depende de la composición del material y del número de pasadas así como de la intensidad de la temperatura.

Los diferentes compuestos deben tener características aceptables con respecto a la resistencia mecánica, el maquinado, apariencia de la superficie, corrosión, facilidad para unir las piezas con pegamentos y para pintar su superficie.

En el mercado existen retardantes de base agua, cuya aplicación es por aspersión, con brocha, por inmersión o con llana, dependiendo del material que se quiera proteger. Este material debe permanecer latente y permanente hasta que reciba el calor de una flama, momento en el cual debe reaccionar creando una barrera evitando el inicio de la combustión y su propagación. Estos productos protegen a: la madera, el papel, la alfombra y la tabla roca, así como estructuras metálicas, instalaciones eléctricas, telefónicas, entre otras.

Para aplicar algún preservador es necesario hacerlo con métodos que permitan obtener el grado de penetración y retención que se desee. Este grado se expresa en kilogramos del preservador por m³ de madera [kg/m³], dependiendo de la anatomía de la madera y del contenido de humedad. La madera debe estar preparada para recibirlo, por ejemplo: si se usan métodos de difusión con sales hidrosolubles, la madera debe estar en estado verde limpia y libre de corteza. Si usamos otro método, la madera debe estar en forma circular (tronco, madera aserrada o en rollo) o bien en forma de tabla, de viga y libre de corteza.

Entre los métodos de aplicación están: sin presión ya sea con brocha y aspersión y aquellos aplicados a presión, ya sea por inmersión o los que implican el desplazamiento de savia.

Métodos sin presión con brocha o aspersión.

Protección contra agentes bióticos. En la aplicación superficial en la madera, con brocha, por aspersión o inmersión se usan preservadores oleosos y óleo solubles. Las piezas se ponen a remojar en los preservadores para una mejor absorción, introduciéndoles sales hidrosolubles por difusión. En el proceso se realiza una variación de la temperatura, de caliente a frío, tanto con los preservadores oleosos y como con los óleo solubles, con el propósito de aumentar su fijación.

Los métodos sin presión difieren en cuanto a la penetración y retención del preservador, y por lo tanto el grado de protección es diferente contra la acción de insectos destructores y del intemperismo. En algunos casos los resultados obtenidos al aplicar métodos sin presión son parecidos al de aquellos que usan presión, tabla 10.

Espece	Resistente a la pudrición	Resistente a las termitas	Resistente a taladradores marinos	País
Manilkara zapota	X			México
Piscidia communis	X			México
Cordia dodecandra	X			México
Lisiloma bahamensis	X			México
Moquilea			X	Brasil
Dialium guianesis			X	Brasil
Eschweilera hologyne	X	X		Venezuela
Eschweilera subgandulosa	X	X		Venezuela
Peltogyne porphyrocardia	X	X		Venezuela
Piranhea longepedunculata	X	X		Venezuela
Platymiscium pinnatum	X	X		Venezuela
Tabebuia serratifolia	X	X		Venezuela
Tetragastris mucronata	X	X		Venezuela

La tabla 10. Maderas de América Latina que tienen gran durabilidad natural.

Métodos a presión: Inmersión y desplazamiento de savia.

Con los métodos a presión se tiene mayor eficiencia debido a que se tiene control sobre las condiciones del tratamiento. Las piezas de madera se colocan en un cilindro de longitud variable en el que una vez cerrado, se introduce el preservador hasta que queda sumergida dentro del cual se pueden generar presiones altas generando vacíos. Dentro del cilindro la presión hidrostática es mucho mayor que la atmosférica lo que obliga al preservador a penetrar en la madera. De este proceso se derivan dos métodos el de la célula llena y el de la célula vacía, los que se explicarán en el siguiente capítulo.

Es bueno tener presente la durabilidad natural de la madera ya que disminuye costos en la búsqueda de la preservación, recordemos que el duramen tiene mayor resistencia debido principalmente a los extractivos que posee. Otro factor importante como ya se mencionó es el lugar donde se encuentra la madera, es decir

si está en presencia de humedad o no. Conocer estas características beneficia al darle diferentes usos, ya sea en la construcción de estructuras, postes para teléfono, caballetes para puentes de madera, postes para estructuras más pesadas, vigas etc.,

La intemperie.

Los cambios de humedad debidos al calor del sol o a la lluvia, son elementos que favorecen el deterioro de la madera. El cambio de humedad envejece las células ya que estas pierden su flexibilidad y se van deteriorando, mientras que la oxidación del carbono al contacto con el aire cambia el aspecto de la madera modificando su color haciéndola más oscura.

Los elementos naturales provocan grietas en la madera en estado natural e incluso si se le ha protegido con algún barniz. La lluvia penetra por estas grietas empezando los procesos de pudrición, por lo que es importante aplicar protectores efectivos ante esta degradación de los materiales.

Los rayos ultravioleta.

Los rayos ultravioleta degradan la celulosa mediante un proceso combinado de la fotólisis (degradación de la lignina), que hace funciones de fotosensibilizador y que produce pérdida de sustancias en las paredes de las células, formando micro fisuras sobre dichas paredes. Esta descomposición llega a profundidades de hasta 5mm y si la madera no tiene algún barniz, entonces el color pasa de uno amarillento a uno grisáceo.

Los rayos infrarrojos.

Los rayos infrarrojos provocan un aumento en la temperatura, alterando el contenido de humedad de la madera, provocando grietas permitiendo la salida de resinas y la penetración de agua de lluvia.

Lasures para madera.

Son químicos que se aplican con brocha o estopa, penetran en la madera protegiéndola de la radiación solar, del ataque de termitas y de la humedad. Es altamente efectiva en interiores y exteriores.

III.3 Métodos químicos contra hongos e insectos.

Lo primero que se debe considerar son la durabilidad y resistencia natural de la madera. En cuanto a la durabilidad se debe tener en cuenta, si la madera elegida tiene la suficiente capacidad de resistencia ante el ataque de los agentes destructores una vez puesta en servicio, en caso que no se tenga la especie requerida, la protección de la madera con sustancias químicas será un requisito indispensable, ya que en una vivienda, la madera aparte de ser un elemento de terminación y estética, también es parte de la estructura.

Durante mucho tiempo se ha considerado que la madera al estar en contacto con los elementos naturales eran los únicos factores de deterioro o bien de degradación de las características físicas, mecánicas y estéticas de la madera. Sin embargo hoy se sabe que los hongos son los causantes de la pudrición de la madera y son los principales causantes de su deterioro.

Para proteger la madera de estos efectos y otros producidos por las termitas, se utilizan sustancias tóxicas de forma aislada o bien en combinación con otras; con el propósito de aumentar su resistencia ante los agentes destructores. Los materiales utilizados para la preservación de la madera deben cumplir con la norma NMX-C-178-ONNCE y la norma MNX-C-322 (Madera preservada a presión).

La impregnación de la madera con preservadores se clasifican en tres categorías: hidrosolubles, oleosolubles y creosotas. Dependiendo de sus características y de la permeabilidad de la madera será el método a utilizar. La impregnación del preservador va desde la aplicación con brocha hasta la de aplicar vacío-presión en instalaciones especiales.

Históricamente los preservadores más utilizados son la creosota, el pentaclorofenol, y las sales CCA (Cromo, Cobre y Arsénico). En México los principales consumidores de madera preservada son las empresas administradoras de las líneas férreas nacionales con los llamados durmientes, la Compañía Teléfonos de México con postes, la Comisión Federal de Electricidad y todos aquellos constructores que requieran madera preservada para pisos, muros, techos, pilotes, muelles, invernaderos y otros.

Un buen preservador debe cumplir con ciertos requisitos, algunos de ellos son:

- tener propiedades fungicidas contra la acción de hongos xilófagos, deben actuar como insecticidas, protege contra insectos xilófagos,
- poder ser introducido en la madera en cantidad y profundidad adecuada,
- tener acción protectora a largo tiempo,
- disminuir en lo posible su inflamabilidad (ignífugos) o retardadores de fuego, protege frente a la acción del fuego haciendo a la madera como material combustible a uno difícilmente combustible,
- no degradar o corroer aceros o plásticos en contacto con la madera,
- cuidar la salud de los seres humanos, animales y plantas así como el entorno,
- compatibilidad con barnices o pinturas, y,
- no modificar el color natural de la madera, o su olor de tal forma que llegara a ser desagradable.

Algunas especies de madera por el tipo y cantidad de sustancias de las cuales se componen, como resinas, taninos, aceites, etc., tienen una resistencia natural. Esto no determina cual madera o especie tiene mayor o menor duración, sin embargo hay que recordar que la madera de la albura es menos durable que la del duramen.

Es de suma importancia saber cómo se logra la protección deseada. Por ejemplo si es temporal (tiempo limitado) se logra aplicando barnices o pinturas: si se desea sea permanente (fijo por muchos años), se logra utilizando los métodos industriales presión-vació, y si se requiere la protección sea curativa (cuando la madera ha sido atacada) se debe aplicar una solución curativa específica para cada agente, con el propósito de eliminarlo.

Protectores Hidrodispersables.

Estas mezclas contienen principios activos a los que se les añade un emulgente, para provocar una buena dispersión en el agua. Se les conoce como “emulsiones” y su presentación es en forma de concentrado líquido. Posee grandes ventajas con respecto a muchos preservadores clásicos.

Ventajas:

- al aplicarlo la madera no cambia de color no mancha ni corroe placas de metal ni otros materiales en contacto la madera,
- permite se le de un acabado posterior,
- después de aplicado permite el uso de adhesivos, y,
- no aumenta la inflamabilidad de la madera.

La protección puede ser: superficial (unos tres milímetros); protección media, (más de tres milímetros) y protección profunda que cubre hasta el 50% del espesor; así mismo la penetración del preservador se realiza mediante el desplazamiento de la savia, la difusión a través de las paredes celulares de una pasta o solución aplicada sobre la madera en estado verde, e impregnación en madera seca, en la cual el protector es absorbido por capilaridad.

Tipos de hongos que deterioran la madera.

Existen dos tipos de hongos que deterioran la madera, a saber: los que viven de las sustancias almacenadas en las células de parénquima de la albura, y los destructores que se alimentan de las paredes celulares que manchan la madera de azul.

La madera durante su vida útil puede tener una gran variedad de usos dependiendo de sus dimensiones o de su especie. Es por eso que hay que determinar el tipo de preservador que hay que aplicar. Es importante mencionar que algunos de estos químicos usados para preservar la madera han sido prohibidos o bien restringido su uso.

Las termitas.

Antes de aplicar algún tratamiento es importante conocer como se produce la invasión de termitas, o bien las condiciones que facilitan su entrada (suelen ser galerías subterráneas o por vía aérea). Para evitar el exceso de humedad y la destrucción de las galerías subterráneas, los apoyos deben empotrarse sobre pilas de concreto que sobresalgan del suelo por lo menos veinte centímetros, no se debe dejar huecos en las cimentaciones hechas a base de mampostería, y debe darse un tratamiento químico al suelo alrededor de la construcción.



Figura 50. Hongos en la madera.

Las termitas también llamadas polillas son los insectos más distribuidos se clasifican dos tipos, la llamada polilla subterránea y la polilla de madera seca.

Las termitas subterráneas al ser muy sensibles a los cambios del medio ambiente, necesitan construir sus nidos donde los cambios ambientales no los afecten, por lo que construyen túneles para llegar hasta la madera. Es importante recalcar que cualquier construcción de madera esté o no en contacto con el suelo puede ser atacada por este tipo de insecto.

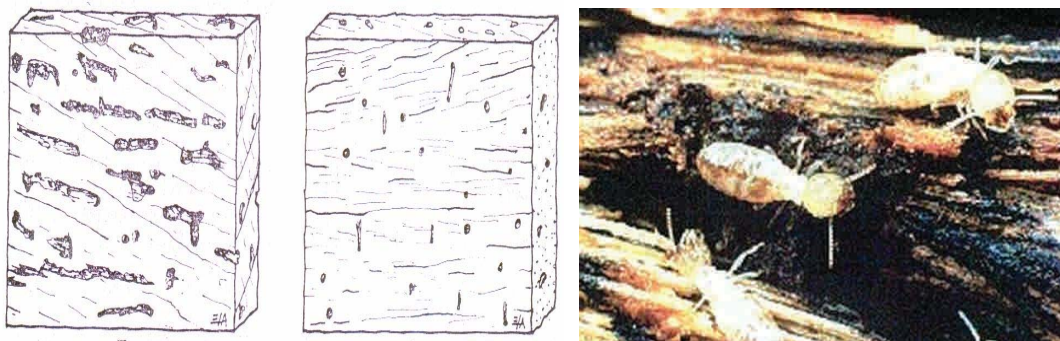


Figura 51. Efectos de las termitas sobre la madera.

Los daños causados casi nunca son visibles hasta que prácticamente se ha dejado hueca la madera poniendo en peligro la estructura figura 51. Es por eso que se hace necesario un control efectivo sobre estos organismos ya que una vez que atacaron se hace muy costoso y difícil su control.

Actualmente se están construyendo viviendas de madera sobre cimientos de mampostería garantizando de esta forma que la madera no esté en contacto con el suelo, sin embargo existen métodos químicos para aplicar al suelo y de esta manera crear una barrera por debajo de la edificación. Los químicos utilizados son Dieldrín, Aldrín y Clordano, se prepara una emulsión que se aplica al suelo a una baja presión, el agua que se añade al insecticida debe mezclarse lentamente para evitar se forme espuma. Aplicado directamente al suelo y alrededor de la estructura, con las medidas de seguridad adecuadas los riesgos sobre animales, plantas y humanos serán mínimos. En otros países se utilizan cebos con celulosa impregnados de algún insecticida tóxico para las termitas, donde se han obtenido excelentes resultados con este método.

Existen especies de madera que resisten el ataque de estos insectos, entre algunas podemos mencionar al cedro blanco, cedro rojo, la caoba, machiche y el guanacaste. Los efectos son evidentes ya que empieza a caer un polvo muy fino, porque estos insectos no pueden digerir la celulosa.

De los preservadores oleosos el más usado en América Latina es la creosota. Este es obtenido de la destilación del alquitrán. La creosota es un aceite de color oscuro casi negro y como preservador es efectiva contra hongos, insectos y taladradores marinos.

Las especificaciones de este preservador se basan en el control de las propiedades físicas como las que siguen:

- garantizar un buen servicio de la pieza tratada,
- evitar el sangrado una vez que la madera este en servicio y esta se vea afecta por las condiciones ambientales,
- el preservador debe tener fluidez y viscosidad,
- las fracciones ligeras de la creosota son más volátiles y permiten la movilidad del aceite, y ,
- las fracciones pesadas del aceite se quedan dentro de la madera.
- es insoluble en agua,
- no es corrosivo con las placas metálicas,
- este preservador evita grietas y rajaduras en la madera,
- alta resistencia a la electricidad,
- este aceite se puede usar en varios grados, dependiendo el uso que se le de a la madera, y ,
- esos grados se pueden obtener en el mercado, si no es así entonces se puede rebajar con algunos solventes (aceites derivados del petróleo).

Proceso denominado inmersión a presión.

La inmersión consiste en sumergir la pieza total en una solución preservadora, la eficacia depende totalmente del tiempo que la pieza permanece sumergida y de la permeabilidad de la madera. La inmersión es más eficaz que los tratamientos con brocha o aspersión debido a que se tiene control sobre las condiciones del tratamiento. Las piezas de madera se colocan en un cilindro de longitud variable en el que una vez cerrado se introduce el preservador hasta que queda sumergida dentro del cual se pueden generar presiones altas y vacíos, figura 59. Esta presión hidrostática es mucho mayor que la atmosférica lo que obliga al preservador a penetrar en la madera. De este proceso se derivan dos métodos el de la *célula vacía* y el de la *célula llena*.

Método de célula llena. La madera seca se introduce en un cilindro sellado, al cual se le induce un vacío, con la finalidad de extraer el aire del cilindro aplicando presión equivalente a 635 mm de mercurio con duración de quince a sesenta minutos, momento en el cual se inyecta el preservador, que puede ser creosota o algún hidrosoluble (CCA). Cuando el vacío se elimina los remanentes del preservador son comprimidos al aplicar nuevamente presión llenando los espacios vacíos de la madera. Una vez que se elimina la presión se expulsa aproximadamente entre un 5% y un 15% del preservador, debido a que dentro de las células existía una cierta presión de aire comprimido atrapado. En una segunda etapa se vacía el preservador del cilindro y se aplica una vez más un vacío de 635mm por unos treinta minutos para de esta forma eliminar restos del preservador dentro de la células para evitar goteos una vez terminando el proceso.



Figura 52. Cilindro donde se introduce la madera junto con el preservador, en el cual se somete a presión-vacío.

Cuando la madera esta en estado verde antes de aplicarle el preservador se somete en el cilindro a un vacío con la finalidad de remover la mayor cantidad de humedad, una vez hecho esto se procede como se explicó anteriormente con la madera seca. A esta forma se le suele llamar *Proceso Bethell*.

Método de célula vacía. En este método la madera se coloca dentro del cilindro y se inyecta aire comprimido a 4.2 Kg/cm^2 para llenar sus células. Por un periodo de tiempo de diez y quince minutos se introduce el preservador sin dejar de ejercer presión; aquí la presión hidrostática que se ejerce es mayor que la atmosférica. De esta forma aumenta la presión dentro de las células y se hace penetrar la solución del preservador, dicha presión llega a ser hasta de 10.5 Kg/cm^2 , que se mantiene por aproximadamente dos horas. Una vez pasado este tiempo se baja la presión hasta llegar a cero, se vacía el cilindro del preservador restante y se aplica un vacío de 635 mm de mercurio por una hora para expulsar el exceso de preservador.

En algunos casos la aplicación de la creosota se maximiza combinando algunos otros preservadores como puede ser el pentaclorofenol en bajas cantidades, también se logra ese efecto añadiendo alquitrán crudo para ambientes marinos o algún otro preservador que contenga trióxido de arsénico para evitar a las termitas subterráneas

Estos métodos pueden ser utilizados por aquellos usuarios de la madera, cuyo tratamiento favorezca las necesidades de uso, tales como: estructuras rurales, postes y cercas, durmientes para ferrocarril, postes para teléfono, postes para cercas. Se tienen buenas referencias de este preservador, ya que se han encontrado evidencias de un buen servicio por más de cuarenta años en postes de transmisión. En casas habitación no es muy recomendable su uso, ya que despiden un fuerte olor y puede inflamarse al ser aplicado, sin embargo es muy efectivo en estructuras que están en contacto con el suelo y la humedad.

Preservadores óleosolubles.

Entre ellos encontramos el pentaclorofenol, el naftalato de cobre, quinolinolato ocho de cobre y el óxido tributil de estaño (TBTO).

Estos preservadores se pueden aplicar por medio de un solvente como es el gas butano líquido y con aceites derivados del petróleo. Como ya se mencionó estos preservadores al evaporarse dejan al agente activo dentro de la madera protegiéndola.

El pentaclorofenol es uno de los más usados, pero también es uno de los más nocivos para humanos, animales y medio ambiente. Se obtiene de la clorinación del fenol en donde todos los átomos del hidrógeno del fenol son substituidos por átomos de cloro, es altamente tóxico para hongos e insectos. Es insoluble en agua y no corroe los metales .

Para cualquier uso donde la madera está en contacto con el suelo es preferible usar solventes pesados derivados del petróleo a un 5% de pentaclorofenol. Es importante que al añadirle algún solvente a este preservador, se evite la formación de cristales contaminantes en la superficie de la madera tratada. Para este fin se tienen los siguientes solventes: las gommas a base de estereatos y los glicoles oleosolubles.

Usos del pentaclorofenol. Disuelto en aceites pesados, se utiliza para tratar postes y madera aserrada; en aceites ligeros y en combinación con insecticidas, se utiliza para tratar madera que se va usar en ebanistería: También se usa para tratar la pudrición cuando ésta ya está presente, y no se recomienda para estructuras costeras ya que no es efectivo contra los taladradores marinos.

Uno de los preservadores que se ha usado por muchos años en el norte de Europa es el llamado Naftanato de cobre, altamente efectivo contra aquellos agentes biológicos que afectan la madera, excepto las termitas. Este preservador al ser aplicado deja la superficie con una tonalidad verdosa que dificulta su acabado, es usado principalmente en embarcaciones. En América Latina su uso esta restringido.

De los preservadores óleosolubles el que menos efectos nocivos tiene para la salud humana es el quinolinolato ocho de cobre. Éste es un sólido amarillento que se disuelve en solventes orgánicos, resultando de color verde. No es efectivo contra las termitas, pero sí para hongos y otros agentes destructores de la madera. Una vez tratada la madera con este preservador, la madera puede ser utilizada en interiores de refrigeradores, en recipientes para alimentos y otros usos, ya que no daña la salud humana. Generalmente se utiliza un método a presión para impregnar la madera con este químico.

Óxido tributil estañoso (TBTO). Este preservador es un excelente funguicida mucho mejor que el pentaclorofenol en concentraciones iguales. No es soluble en agua y de mucha menor toxicidad para los humanos que los anteriores. Éste preservador se obtiene de compuestos orgánicos de estaño, se usa para tratar madera de ebanistería y para el mantenimiento de embarcaciones ya que es efectivo contra los taladradores marinos. Se recomienda usarlo para madera que no esté en contacto con el suelo. Su precio es relativamente alto.

Impregnación con sales. Los preservadores hidrosolubles-orgánicos tienen como característica principal el utilizar agua como agente solvente a diferencia de los oleosolubles. Estos preservadores hidrosolubles son mezclas de sales minerales que poseen propiedades biocidas y cuya misión es fijar los componentes secundarios como inhibidores para prevenir corrosión.

La impregnación de la madera con sales **CCA** (cromo, cobre y arsénico), ha demostrado por años que no representa peligro alguno para el hombre, animales y el medio ambiente. Uno de los activos del preservante es el llamado arseniato inorgánico pentavalente, elemento menor que está presente en nuestra vida diaria a través del agua, aire y en los tejidos de los seres vivos incluido el ser humano. No existe riesgos de contaminación ambiental proveniente de la lixiviación del arsénico en el suelo o en los acuíferos, si la madera se encuentra expuesta a la intemperie, enterrada en el suelo, como tampoco existe ningún riesgo en la construcción de casas habitación, figura 53.

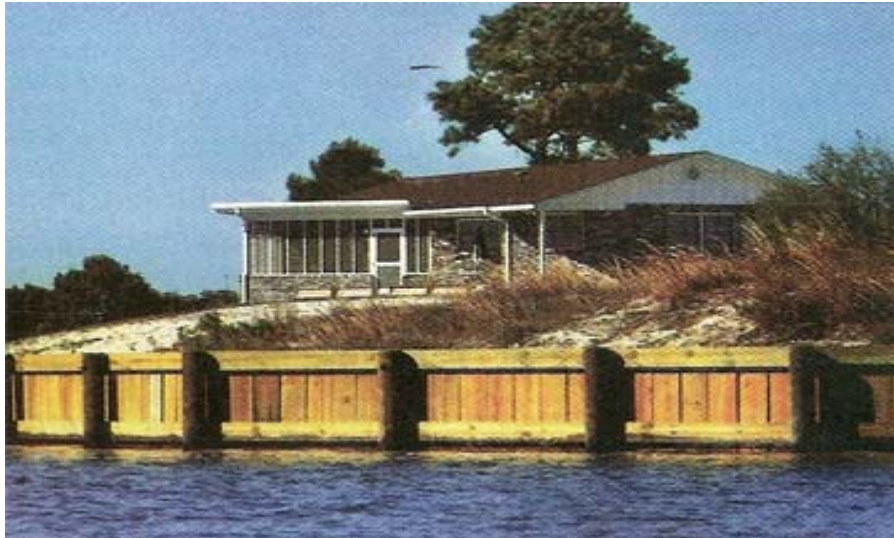


Figura 53. Madera tratada con sales CCA, expuesta a la intemperie y en contacto directo con el agua.

La penetración del preservante no debe ser superficial, se exige que se aplique a presión-vacío. Como regla general debe impregnar la albura completa, además se debe especificar la cantidad de retención (absorción) del producto en litros. Estas sales se comercializan en altas concentraciones, de un 60% a un 70% de óxidos activos y de 30% a 40 % de agua y otros compuestos. Su consistencia es de aspecto gelatinoso, por lo que es importante tener claro los conceptos absorción, retención, y penetración.

Es recomendable que la madera antes de ser impregnada por las sales **CCA** tenga un contenido de humedad del 30%. En cuanto al arsénico utilizado es mínimo pero de gran eficacia, es el vigésimo quinto elemento químico más común en la corteza terrestre. La tabla 11, muestra el contenido de arsénico en diferentes organismos vivos.

Europa ha restringido el uso de los **CCA** argumentando el contenido del arsénico, por lo que han aparecido algunas variantes de este producto, tales como: los **CA** (cobre y azoles orgánicos), los **CAB** (cobre azoles orgánicos y boro), los **ACQ** (cobre y amonios cuaternarios) y el boro. Sin embargo se han tenido algunos problemas con la corrosión de los elementos de unión metálicos. Existen otro tipo de preservadores denominados: sales **ACA** (arseniato de cobre amoniaco), sales **CZC** (cloruro de zinc cromatado), sales **FCAP** conocido como sales wolman (mezcla de fluoruro y cromato de sodio), poco efectivas para eliminar hongos causantes de la pudrición y las termitas. En algunos otros casos las sales de **CZC** retardan la propagación del fuego.

Contenido de Arsénico en Alimentos Comunes	
Nombre	Partes por millón
Langostino	19.90
Ostra	2.00
Tomate	1.49
Hongo	0.66
Papa	0.63
Arroz	0.40
Almeja	0.36
Madera tratada con CCA	0.001

Tabla 11. Contenido de arseniato en animales, vegetales y en la madera tratada.

Tratamientos a profundidad.

Este tipo de tratamiento es el más indicado si la madera está en presencia de humedad, si está en el exterior, en contacto con el suelo o si en el interior existiera peligro del ataque de termitas. Son varios los sistemas de aplicación, entre ellos está el denominado *sustitución de savia* (Boucherie), que consiste en introducir a la madera en un depósito por varios minutos, de tal forma que el preservador ocupe el lugar de la savia introduciéndose por difusión, generalmente se aplican sales.

Otro sistema es el llamado *caliente-frió*. En éste, la madera se introduce por unos minutos en un depósito que contiene agua caliente abriendo los poros de la madera, permitiendo la entrada del protector; después, la madera se introduce en otro depósito, conteniendo sales, por varias horas. Se utiliza para tratar madera que va a estar a la intemperie como vigas y postes.

Aplicación de *autoclave*. Este sistema está formado por un cilindro al cual se le induce un vacío y una presión por medio de una bomba. Con la bomba de vacío se extrae el aire de la madera, se abren los poros de la madera permitiendo el ingreso del preservador al aplicarle presión. Este tratamiento es de tipo industrial, siendo el único que puede garantizar la profundidad y la retención del preservador.

La protección que se desea lograr al aplicar estos preservadores puede ser preventiva, temporal, permanente o curativa. En el caso de insectos larvarios se aplicará insecticida inyectado ya sea en forma líquida o gaseosa. Si las termitas no viven en la estructura se eliminarán colocando cebos de celulosa con algún insecticida. En algunos países se utilizan productos antiquinizantes y los tratamientos pueden ser superficiales, penetración de solo unos milímetros, recomendados para evitar el surgimiento de la mancha azul. La penetración a profundidad dependerá del tipo de disolvente y de las condiciones de la madera.

Tipos de protección	Tratamiento	Tipo de preservador
Superficial	Brocha. Pulverizado. Inmersión breve.	Hidrodispersables. En disolventes orgánicos.
Media	Inmersión prolongada. Difusión. Desplazamiento de la savia. Autoclave (vacío-presión). Autoclave (vacío-vacío).	Hidrosolubles. En disolventes orgánicos. Creosotas.
Profunda	Inmersión prolongada. Caliente frío. Difusión. Desplazamiento de la savia. Autoclave (vacío-presión). Autoclave (vacío-vacío).	Hidrosolubles. En disolventes orgánicos. Creosota.

Tabla 12. Tipos de protección superficial, media, profunda.

Medidas preventivas.

- La cimentación debe sobresalir por lo menos veinte centímetros sobre el nivel del suelo.
- La madera en contacto con la cimentación se debe colocar una capa de fieltro asfáltico a manera de barrera entre el concreto y la madera, a la madera se le aplicará **CCA**, **CA**, **CB** y **ACQ** o sales de boro.
- Cuando la madera esta a la intemperie hay que aplicarle **CCA**, **CA**, **CB**, y **ACQ** o boro.
- Mantenimiento regular.
- Identificar posibles rutas de entrada de termitas y sellarlas.
- Reparar las cañerías que puedan aportar humedad.
- Mantener separadas las descargas de agua de lluvia de los muros perimetrales de madera.

III.4 El riesgo a la pudrición de la madera en los climas de México.

Cuando vamos al bosque en algunas ocasiones se ven troncos caídos y muchos de ellos presentan características muy especiales, por ejemplo: en sus extremos se observa que la madera está en estado de pudrición y se ven algunos hongos, en esta situación la naturaleza lo está reciclando para ser alimento de otras plantas e incluso insectos. El tronco en ese momento está en contacto con el suelo, la humedad, el aire, que lo afectan, sin embargo hay partes de este árbol que aparentemente son más resistentes que otras, dependiendo de la especie que se trate.

Entonces ¿qué factores afectan la durabilidad de la madera? Al parecer esos factores son diseñados por la misma naturaleza, con el propósito de degradar la madera. Entre estos factores están los hongos, las bacterias, los insectos, los taladradores marinos, etc. Cuando se tala un árbol y éste es transportado para aserrarlo, se altera el proceso natural del reciclado, aumentando considerablemente su durabilidad al cambiar las condiciones iniciales donde se encontraba.

Debemos aprender cómo interactúan estos elementos con la madera, para utilizar algún método químico o natural y evitar así el deterioro de la madera.

Los hongos.

Un hongo es una planta que no tiene clorofila por lo tanto no pueden producir su propio alimento.

Algunos hongos se alimentan de las sustancias almacenadas en los lúmenes de las células y otros se alimentan al descomponer las sustancias que forman las paredes celulares.

Los hongos causan deterioros en la madera, algunas de estas son visibles rápidamente otras no tanto, tales como los causantes de la lama, de la mancha azul, de las pudriciones morena y blanca, y de la pudrición suave. Los hongos para poder desarrollarse necesitan humedad, aire y una determinada temperatura, así como la fuente de la que se va a alimentar, que en este caso sería la madera. Si uno de estos elementos no es el adecuado el hongo no se desarrollará y desaparecerá.

Entonces al trabajar con madera hay que tener cuidado del porcentaje de humedad, el cual siempre debe ser menor a la del punto de saturación de la fibra (< 30%). Si la madera está por debajo del 18%, los hongos no podrán crecer, sus esporas no se mantendrán latentes y por lo tanto no abra peligro de pudrición. Por el contrario si la madera rebasa el 50% de humedad el hongo tampoco sobrevive, ya que si la madera está completamente saturada el aire no existirá y por lo tanto el hongo muere.

Por lo que se deduce que solo para un contenido de humedad entre el 35% al 50%, el hongo se desarrolla. En cuanto a la temperatura, el hongo para su reproducción, necesita estar en un intervalo entre 24°C a 32°C. Si la temperatura se incrementa debido a los procesos de secado en estufa el hongo perece. Recordemos que el alimento del hongo consiste de los compuestos que tiene la madera como la celulosa, la hemicelulosa, la lignina los azúcares y los almidones.

Si un hongo ya está en la madera, solo hay que modificar o eliminar algunos de los factores que estimulen el crecimiento del hongo, siempre que dé resultados prácticos. Es importante resaltar, que si no se toman medidas preventivas, una pieza de madera que ha sido invadida por las esporas (hifas) del hongo, necesariamente afectará a las demás piezas.

¿Quiénes causan el llamado moho?

El moho lo causan los hongos, tiene una apariencia de algodón muy fino, de color negro o verde llamado micelio. Se presenta cuando las condiciones de humedad y temperatura son las adecuadas. Si la madera está seca, el moho se remueve muy fácilmente ya sea con un cepillo de cerdas o con un cepillo de carpintería, para remover el color oscuro.

La humedad y la presencia de moho es indicador de que pueden desarrollarse otro tipo de hongos que pueden causar en la madera la llamada mancha azul e incluso propician el inicio de la pudrición de la madera. Se tiene que cuidar el contenido de humedad, ya que en algunos casos se han detectado hongos que pueden crecer con porcentajes de humedad del 19%.

Los hongos que causan el moho (fungi imperfecti), también pueden causar pérdida de peso y de resistencia. Cuando este hongo ataca a las coníferas provoca una mancha de color azul, mientras que en las latifoliadas (maderas tropicales) las hifas producen un color pardo oscuro.

Esta mancha, visible en la madera, de color azul-gris, que en algunos casos llega a ser de color negro, se da en condiciones de un alto contenido de humedad. El cambio de color se da desde cada célula invadida, conjuntamente con la refracción de la luz. Ésta mancha se extiende a lo largo de las fibras y penetra la madera en forma de cuña y la produce un hongo llamado *Ceratocystis*. La mancha no afecta la resistencia mecánica de la madera, hay que cuidar las condiciones cuando el árbol está derribado ya que si éstas son las adecuadas el hongo atacará principalmente los extremos del tronco y alguna otra parte que no tenga corteza.

Pudrición en la madera.

Los hongos que producen la pudrición, alteran el color de la madera y cambian las propiedades físicas y químicas, descomponiendo su estructura hasta degradarla, figuras 54 y 55. La pudrición aparece cuando las paredes de las células de la madera son destruidas por acción enzimática de los hongos de la pudrición.

Al iniciarse el cambio de color, empieza a disminuir el peso específico de la madera y aumenta el contenido de humedad, finalizando el proceso con la disgregación total de la estructura de la madera perdiéndose de esta forma sus características físico-mecánicas.

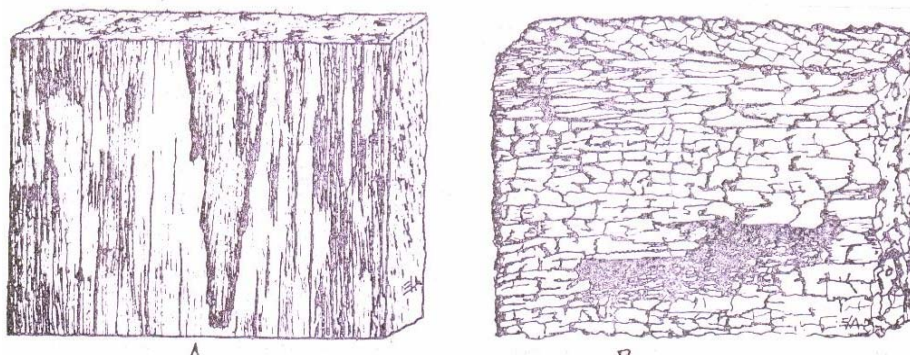


Figura 54. Efectos de la pudrición de la madera.

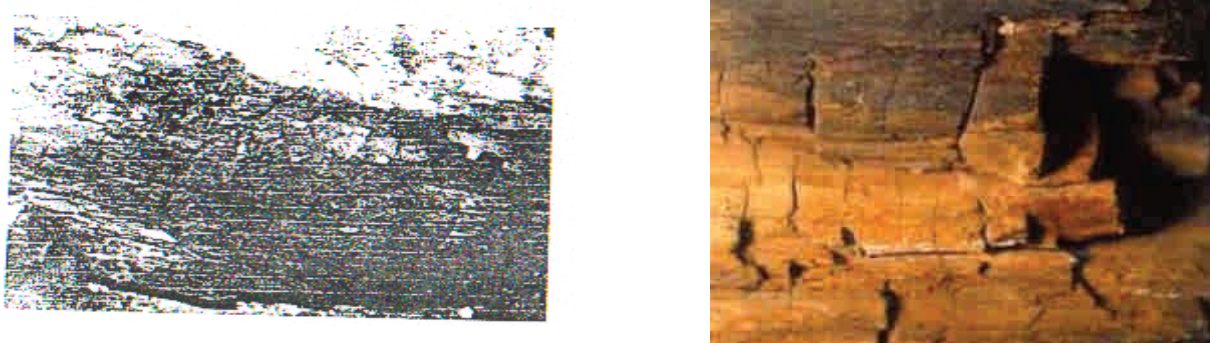


Figura 55. Efectos de los hongos en la madera (pudrición morena y pudrición blanca).

Los hongos llamados Basidiomicetes, son los causantes de la pudrición morena y también de la pudrición blanca. Si la madera ha sido atacada presentará un color pardo oscuro, cuando se presenta la pudrición morena la madera empieza a presentar grietas y se vuelve de consistencia vidriosa cuando está seca. Este hongo ataca principalmente a las coníferas, disminuyendo considerablemente la resistencia de la madera, aumentando la magnitud de las contracciones, siendo superiores a las normales.

Estos hongos atacan principalmente la celulosa dejando un residuo carbonoso formado principalmente de lignina, el cual forma el esqueleto de la madera. Una vez atacada, la madera tiende a agrietarse perpendicularmente a las fibras, formando una serie de figuras prismáticas en forma de láminas, terminando en una masa irregular y polvorienta. Cuando se detecta esta pudrición la madera a perdido de un 10% a un 20% de su peso y de un 80% a un 95% de su resistencia mecánica.

Si la madera presenta señales de pudrición blanca, ésta tendrá manchas de color blancuzco, como si se le hubiera aplicado algún blanqueador. Estos hongos atacan principalmente a la especie de las latifoliadas.

La pudrición blanca ataca tanto a los árboles que se encuentran en pie, como a aquellos que han sido trozados. La pudrición blanca deja una fosforescencia que la hace visible. La pudrición blanca es muy peligrosa porque cuando ya se detectó la madera a perdido de un 10% a un 20% de su peso y de un 90% a un 95% de su capacidad mecánica.

En cuanto a la pudrición suave causada por los hongos asomicetes y fungi-imperfecti, que se desarrolla en condiciones de alta humedad, está ampliamente distribuida pero se ve cubierta tanto por la pudrición blanca, como la morena. Es común que se presente en torres de enfriamiento.

En síntesis, la madera en presencia de un alto contenido de humedad puede desarrollar moho, mancha azul, pudrición blanca y morena, y pudrición suave.

Bacterias:

Esta bacterias atacan la celulosa de la madera transformándola en clobiosa, después en hidrógeno, metano, anhídrido carbónico y finalmente en ácidos grasos. Existen otros organismos unicelulares intermedios, entre los hongos y bacterias, son los llamados actinomycetes que destruyen la celulosa.

Las bacterias no pueden fabricar su alimento y se localizan en el aire, en el suelo y en el agua. Son saprófagas (que se alimentan de la madera en descomposición) y causan enfermedades en plantas y animales. Si la madera está saturada de agua puede ser atacada por las bacterias, alojándose dentro de las células de parénquima de la albura. El deterioro que causan es tan lento que es casi imperceptible en comparación con los hongos, llegando a afectar la resistencia de la madera, Si las bacterias llegan a alojarse dentro de la madera por un largo tiempo, dichas bacterias pueden disminuir su resistencia a la flexión y la rigidez.

Es de suma importancia conocer el proceso de colonización de los hongos para modificar algún paso e impedir el desarrollo de cualquiera de ellos. Ya en 1870, se había descubierto que los hongos eran los causantes de la pudrición en la madera. Antiguamente los egipcios aplicaban a la madera, aceite para evitar su deterioro. En síntesis podemos decir que el contenido de humedad es el factor más importante, que afecta el tipo y grado de deterioro que causan los microorganismos, por lo que se recomienda mantener la madera en estado seco.

El riesgo a la pudrición en México.

No todas las maderas sufren de pudrición, ni en todas las zonas donde se usa se presenta. Esto depende de las condiciones del clima, así como del tipo de madera que se trate. Existen condiciones para que la madera se pudra, estas son: temperatura entre 20°C a 30°C, contenido de humedad de más de un 20%, los nutrientes que aparecen en la madera, el *ph* de la madera debe estar entre 4.5 y 5.5 (considerado ácido), y si la madera contiene oxígeno suficiente, ya que este elemento es imprescindible para que los hongos lo conviertan en energía. Si alguna de estas condiciones cambian, la madera detiene su proceso de pudrición. Si no se pueden cambiar en forma natural, se debe aplicar algún tratamiento para contrarrestar el desarrollo de estos organismos.

En el año de 1971 Scheffer elaboró un mapa de los EU indicando con iso-líneas, las zonas con niveles de riesgo potencial a la pudrición de estructuras de madera que están sobre el suelo basado principalmente en la precipitación y la temperatura.

Como los hongos que causan la pudrición también son comunes a México, el mapa de iso-líneas fue modificado en 1980 por Pérez Morales et al, para las condiciones climáticas de nuestro país, donde se indican los diferentes niveles de riesgo a la pudrición de estructuras de madera que no están en contacto con el suelo, tabla 13.

Dentro de las propiedades más afectadas por la pudrición están la resistencia al impacto de 60% a 80%, pérdida de peso de 5% a 10%, pérdida a la flexión estática de 50% a 70%, pérdida de esfuerzo al momento de rotura y al módulo de elasticidad de 60% a 70%, pérdida de esfuerzo a la compresión paralela a la fibra 40%, pérdida a la tensión paralela a la fibra de 50% a 60%, y corte en paralelo y dureza de un 20%.

Estudios más recientes realizados por el LACITEMA, la República Mexicana se ha dividido en tres zonas de riesgo a la pudrición, dependiendo de la precipitación pluvial y la temperatura de cada zona. Estas tres zonas se presentan en la figura 56.

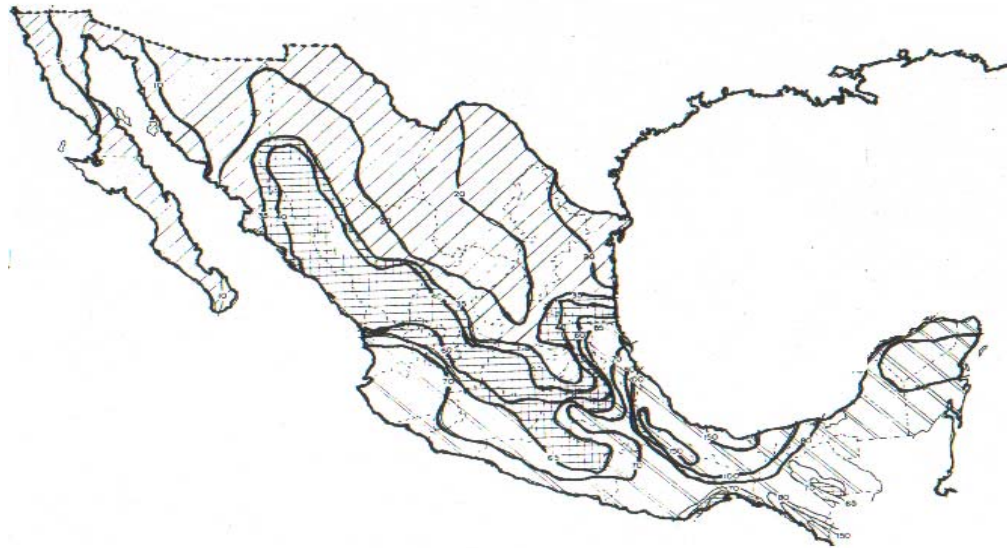


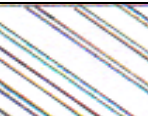


Figura 56. Zonas de riesgo sobre la Republica Mexicana.

Nomenclatura.

zona mínima		zona media		zona alta	
-------------	--	------------	--	-----------	--

Algunos tratamientos aplicados a la madera en México son los siguientes: a presión en autoclave (como ya se mencionó, consiste en un cilindro donde se inducen presiones altas y bajas en el cual se aplica algún químico como el pentaclorofenol); baño caliente-frío (sistema donde la madera es sumergida en una solución caliente hasta que la humedad se evapora desalojando el aire, después la madera se sumerge en una solución fría, el frío provoca que el vapor de agua provoque un vacío que es llenado con la solución); por inmersión (método donde la madera se deja sumergida en alguna solución por un tiempo determinado); con brocha de pelo o usando una compresora con vaso de un litro de capacidad (este sistema se utiliza en piezas pequeñas o para las que ya están en servicio, procurando que la solución penetre por las grietas que presenta la madera).

En la tabla 13, se dan algunos tipos de tratamiento dependiendo de la zona y de la distancia que hay del suelo al elemento de madera más cercano a él.

Concepto	Riesgo alto 65		Riesgo medio de 35-65		Riesgo bajo 35	
	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm
Durmientes en o sobre losa de concreto, colada sobre el suelo.	P	P	P	P	P	P
Pilares de madera sobre bases de concreto en espacio bajo.	P	S	P	S	S	S
Ventanas de madera, bastidores, forros y pisos para baños.	P	P	P	P	P	P
Vigas apoyadas sobre cimientos de concreto o mampostería.	P	S	P	S	S	S
Tabla base sobre losa de concreto colada sobre el suelo.	P	p	P	P	P	P
Tabla base sobre cimientos de concreto o mampostería.	P	N	P	N	N	N

P = Impregnar con preservadores de madera por medio de procesos a presión.
 N = Impregnar con preservadores de madera por medio de procesos sin presión.
 S = Usar madera seca (CH = menor del 18 %) sin añadir preservador.

Tabla 13.

Componente	Riesgo alto 65% 60 cm	60 cm	Riesgo medio 35%-65% 60 cm	Riesgo bajo 35% a cualquier distancia
Proporciones sujetas a cargas y expuestas a la intemperie.	P	N	N	N
Forros.	N	N	S	S
Marcos de puertas y ventanas.	N	N	N	S
Contraventanas.	N	N	N	S

Tabla 14. Protección de los volados en contra de los elementos físicos.

Componente	Riesgo alto 65 %	Riesgo medio 35%-65%	Riesgo bajo 35%
Columnas (cocheras y terrazas).	P	P	P
Tablas (bardas y forros).	P	N	S
Entarimado y vigas de terrazas.	P	N	S
Arcos expuestos.	P	P	P
Vigas de techos expuestas.	P	N	S
Orillas de cubiertas.	P	N	S
Componentes de escaleras.	P	N	S

La tabla 15. Representa las acciones a realizar cuando la madera es usada para cubiertas en exteriores sin protección de volados o cubiertas.

Los preservadores en México.

Uno de los compuestos más utilizados en la preservación de la madera es el pentaclorofenol el cual la preteje de insectos como las termitas y no altera las características naturales de la madera.

El pentaclorofenol se puede utilizar en combinación con las siguientes sustancias: alcohol etílico, aguarrás, diesel, parafina y aceite de linaza.

El pentaclorofenol no se encuentra completamente puro, la industria lo ha derivado en productos como:

- Pentarol, que protege a la madera de hongos e insectos deja una capa aceitosa,
- Pentatox“L”, producto parecido al anterior, con la diferencia que no deja la superficie aceitosa,
- Penta madera, aparte de protegerla de los insectos y los hongos este producto la hace repelente al agua evitando cambios dimensionales, no deja olor, tampoco deja la superficie aceitosa y permite la aplicación de barnices o algún otro acabado.

Estos productos deben ser empleados con cuidado, debido a que son tóxicos para humanos y llegan a producir irritaciones en la piel.

Los productos hidrosolubles de la empresa Osmose Mexicana elabora productos basados en los CCA (sales de cobre, cromo y arsénico), efectivos contra hongos e insectos. Una vez aplicados y que el agua del solvente se ha evaporado, es completamente inofensivo para humanos o sus alimentos.

En forma industrializada se pueden encontrar en el mercado como:

- OSMOSE C55, se aplica con brocha o a presión, efectivo contra los insectos destructores de la madera, se prepara un kilogramo de osmosales por cada litro de agua fría. Se puede aplicar a la madera en estado verde o seca, tiene un alto grado de penetración protegiendo a la madera de la pudrición y del ataque de termitas. Con este método la madera aumenta su vida útil hasta en un 500%.
- OSMAOSALES, es un preservador de tipo permanente se aplica a presión, protege a la madera de la pudrición, de las termitas, comejen, insectos perforadores, perforadores marinos etc.
- OSMOPLASTIC, es un protector para la madera que está en contacto con el suelo, como los postes para teléfono, durmiente o postes para pilotes. Protege a la madera de las termitas del ataque de hongos y de la humedad.
- OZ, se encuentra en presentación líquida, se aplica con brocha o a presión, es efectivo contra la pudrición y ataque de las polillas, repele el agua y queda una superficie lista para ser pintada o barnizada una vez que se seca.
- FLAME PROOF, se aplica por medio de autoclave queda protegido contra la propagación del fuego, haciendo la madera poco combustible, es aislante, no corrosivo además no es toxico, evita la pudrición y el ataque de hongos e insectos.

III. 5 Medidas de protección tradicional.

Desde hace algunos años algunos organismos nacionales, se han dedicado a promover concursos para construir casas de madera. Se invita a empresas promotoras y desarrolladoras de viviendas de madera, a industriales de la construcción, cadenas productivas forestales, instituciones de educación superior y a profesionales relacionados con la industria de la producción y transformación de la madera.

Estos concursos se agrupan en dos categorías una denominada “Vivienda media sustentable”, de tipo residencial y otra llamada “Unidad básica de vivienda urbana o rural permanente para contingencias”. Son viviendas de construcción definitiva, ubicadas principalmente en los estados de Chiapas, Michoacán, Oaxaca y Tabasco, con una superficie mínima de 100 m², se puedan producir en serie. Éstas son adaptables a ampliaciones o modificaciones con una vida útil estimada de 30 años.

El objetivo de estos concursos es muy positivo, al fomentar el uso de la madera para construir casas habitación de beneficio social. En el territorio nacional, el material es abundante tanto en zonas templadas como en zonas tropicales, extendiéndose aproximadamente al 20%, donde la producción anual es de 7,200,000 m³ de madera. Entonces, si una casa de interés social requiere solamente 15m³ de madera en rollo, descontando la utilización de madera para otros fines, se dispondría de material para construir hasta un millón de casas al año, por lo que sólo hace falta tener los conocimientos adecuados para que en el país exista una explotación adecuada. En general la construcción de casas habitación utilizando madera no se realiza por:

- falta de tecnología adecuada,
- falta de apoyo para el desarrollo de estudios sobre especies nacionales,
- no hay manuales generales con los requerimientos adecuados para maderas mexicanas.
- que existen pocos centros educativos, que a nivel profesional tienen en sus planes de estudio la aplicación de este material en la construcción,
- bibliografía limitada,
- que los arquitectos e ingenieros civiles, desconocen las propiedades de la madera,
- que existen grandes intereses de aquellos que construyen con materiales tradicionales, y ,
- la falta de visión de los legisladores debido a la falta de conocimiento de este material.

Construir con madera reduce los costos en comparación con otros materiales, debido a que la madera presenta una mayor resistencia específica, combina la ligereza con la resistencia y su durabilidad está completamente comprobada. Entre los países con mayor tradición en el uso de este material están los Estados Unidos de Norteamérica, Canadá, Inglaterra, Noruega, Francia, España, Japón, Suiza, entre otros.

Como ya se mencionó, la madera en estado natural posee componentes que le dan una resistencia ante el ataque de agentes que la degradan. Estas son características de algunas especies las cuales deben ser aprovechadas dependiendo de las zona donde se esté construyendo, lo que implica que conocer las características físicas y mecánicas de todas especies maderables de México, es de gran importancia.

Si la madera no posee las características necesarias, entonces habrá que aplicarte algún preservador, antes y después de que la madera esté en servicio ya sea expuesta a la intemperie o en interiores. Se recomienda que ya sea durante proceso de construcción y al término, se deben cuidar ciertos aspectos con el propósito de evitar la degradación de la madera, además de que todos los elementos deberán tener un contenido de humedad menor al de la humedad relativa del ambiente. Si se cuida el tratamiento y posición del o de los

elementos maderables con respecto al suelo, la construcción en realidad requerirá de muy poco mantenimiento, aunque también se recomienda que ellos deben ser revisados en los cambios de estación.

La humedad en la base de la construcción.

Si la casa es nueva, la madera puede absorber humedad, principalmente durante la temporada de cambio de estación como en las épocas de frío y de lluvia. Se nota principalmente en puertas, ventanas y pisos, ya que aumenta en sus dimensiones. Los cambios volumétricos distorsionan holguras: en pisos de las duelas, en lambrines, etc.

Si en la época de calor estos cambios no desaparecen se recomienda revisar los siguientes puntos:

- drenaje y bajada de aguas pluviales, principalmente en las bases de los muros,
- uniones entre pisos y muros (si existen huecos o ranuras estos deben ser tapados y resanados con algún impermeabilizante),
- verificar si las bases de concreto que sirven como cimentación han absorbido humedad (éstas se deberán secar primero y después se impermeabilizarán),
- respetar una distancia mínima del suelo al piso de la casa de veinte centímetros. para evitar que columnas o vigas sean afectados por la humedad,
- evitar la condensación de humedad abriendo ventanas, durante el día y la noche, y,
- colocar rejillas entre el piso de la casa y la cimentación, ya sean zapatas corridas o losas apoyadas sobre el suelo, con el propósito de evitar la acumulación de humedad, principalmente en la época de lluvias.

En los interiores de cubiertas (techos), se deberá:

- cuidar un posible ataque de termitas aplicando preservador a todos y cada uno de los elementos que forman la casa sin importar el lugar que ocupen,
- proteger con impermeabilizantes o películas plásticas las juntas de vigas con el techo, y,
- remover el aire húmedo de las zonas de ventilación.

En cubiertas exteriores y áticos, se deberá:

- revisar las capas asfálticas, así como los elementos de unión, como clavos, para evitar su corrosión. Es preferible usar clavos galvanizados o alguna cubierta especial, además de revisar el comportamiento de nudos, alabeos y otras deformaciones naturales,
- los alabeos aparecen cuando la madera tiene contenidos de humedad por abajo del 12%. Estos efectos del secado aparecen principalmente en madera con un ancho mayor a ocho pulgadas. A veces es preferible usar madera contra chapada,
- revisar las cubiertas después de la temporada de lluvia ya que ésta suele acumular basura y guarda humedad,
- revisar si se utiliza plafón (cielo raso), con el propósito de ventilar esa zona, y,
- revisar las intersecciones que surgen en los cambios de pendiente para evitar la acumulación de humedad.

Paredes exteriores. Al armar y forrar las paredes exteriores son completamente de madera o hay una combinación de materiales tradicionales como mamposterías de tabique o piedra, se debe tener cuidado con la humedad y poner atención en los puntos por donde puede pasar. Se recomienda:

- pintar o barnizar la madera, cuidando el contenido de humedad, de la dirección de la fibra, así como el método o métodos de aplicación,
- utilizar clavos de aluminio, esmaltados o aplicarle algún anticorrosivo,
- revisar las uniones de la madera con otros materiales de construcción. Deben ser impermeabilizadas con papel asfáltico o cemento asfáltico. La madera en estos puntos debe ser pintada o aplicársele algún preservador como sales CCA o algún derivado del pentaclorofenol, y,
- en climas con mucha humedad la madera debe ser tratada con algún repelente al agua, como los llamados lasures.

En las paredes interiores.

Cuando la construcción es nueva es prudente esperar cierto tiempo para que aparezcan contracciones o deflexiones cuando estas aparecen en vigas debido a los esfuerzos que realizan estos elementos, en caso de ser de magnitud considerable reforzar con postes o pedestales.

En puertas y ventanas.

Para evitar la acumulación de la humedad por condensación en puertas y ventanas y que ésta provoque la aparición de la pudrición, se debe aumentar la temperatura del interior o disminuir la humedad, evitando el uso de humidificadores.

Elementos estructurales de madera corta fuego y materiales de revestimiento y relleno incombustibles.

El que en una casa de materiales tradicionales y una de madera se produzca un incendio, depende de muchos factores, por lo que la probabilidad de que ocurra es la misma para ambas. Un incendio se produce por la presencia de calor, oxígeno, y combustible, sin embargo es necesario que los materiales en presencia de estos elementos generen gases o vapores provocado por las altas temperaturas, para después inflamarse. Una vez que se inició el fuego esta continua por las cortinas, la ropa, los muebles, la alfombra, un incendio no empieza por la estructura, siempre y cuando se hayan utilizado las técnicas adecuadas de construcción y aquellos materiales de revestimiento resistentes al fuego.

Es necesario dar protección a las estructuras para reducir los riesgos, con materiales que reduzcan la generación de gases y limiten la propagación de las llamas, esto dará el suficiente tiempo para una rápida salida, estos elementos de madera y materiales de relleno o de revestimiento deberán detener el avance del fuego hacia áreas contiguas y hacia otras viviendas.

Otra solución es la de colocar sensores o dispositivos de protección que entren en funcionamiento automático al detectar determinadas temperaturas del aire, éstos sistemas por lo general se diseñan para estructuras de áreas muy grandes como edificios oficinas o viviendas de dos niveles. Toda estructura de madera cuyos componentes son pisos, muro, entrepisos, cielo raso, puertas y ventanas, los que son parte de los compartimentos del diseño arquitectónico, deberán trabajar como un obstáculo y evitar la propagación del fuego.

La madera por sus propiedades es un buen aislante térmico y actúa aunque sea brevemente como una barrera en la generación de gases y la propagación de las llamas. Algunos datos dan valores de entre 0.7 y 0.9 [mm/minuto] del avance de la carbonización de la madera de pino.

Existen en una estructura elementos de madera colocados estratégicamente que constituyen toda una barrera física, conjuntamente con materiales sintéticos de relleno y revestimiento, obstaculizando el camino de los gases tóxicos e inflamables.

Estos elementos de madera son;

- pisos y entrepisos,
- solera de montaje inferior y superior,
- peinazo transversal corta fuego,
- solera superior de amarre,
- pies derechos,
- dintel, y,
- cerco (jamba) en claro de puerta. Figura 57.

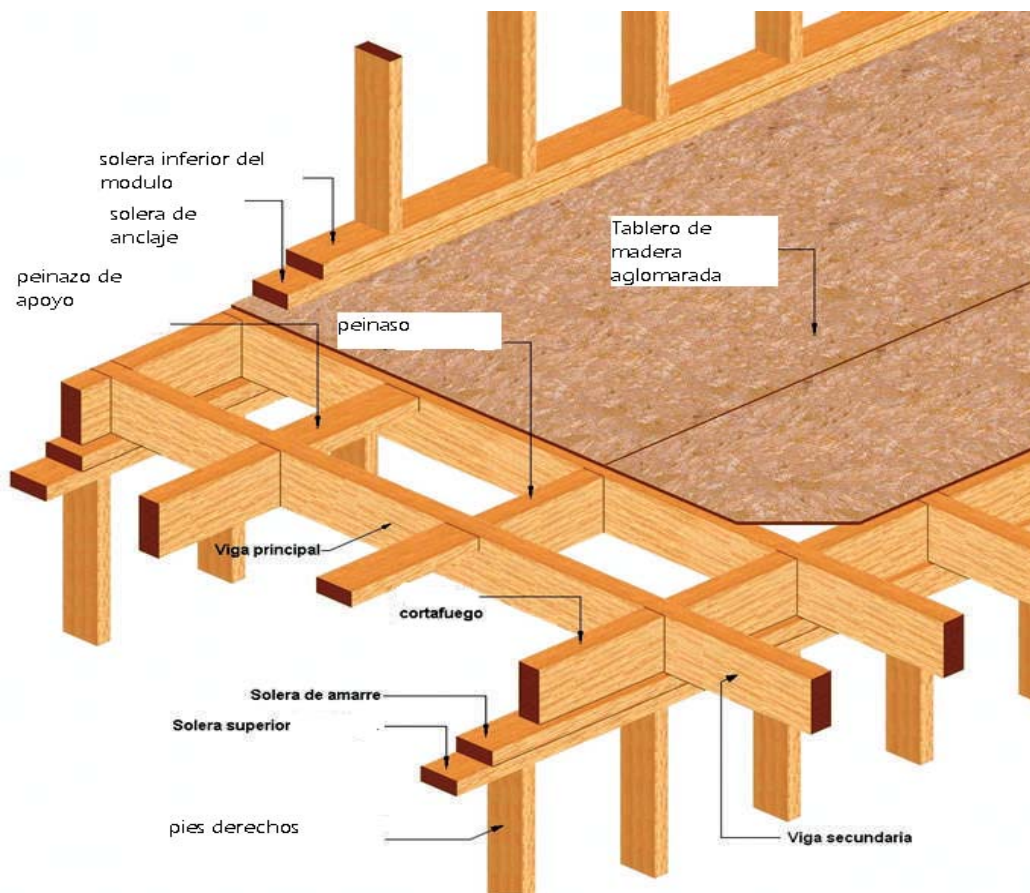


Figura 57. Elementos de madera corta fuego que constituyen un piso o entrepiso.

Pisos y entrepisos, estas estructuras se arman con madera de secciones de 2" x 5" dependiendo del diseño estructural, al utilizar un gran número de piezas de madera maciza, estos elementos cortarían la propagación del fuego, además los claros entre piezas se pueden cubrir con placas de poliuretano termoacústicas, tableros de madera aglomerada o de fibras orientadas, bloques de lana mineral, lana de vidrio, o paneles de tabla roca. Su función principal es la evitar que el fuego pase de un nivel a otro.

Muros continuos, estos módulos formados por pies derechos, soleras inferiores, soleras de amarre, peinado corta fuego, solera superior, solera de amarre. Todos los elementos transversales tienen como función la de evitar que suban los gases y el ascenso vertical del fuego, las soleras superior y de amarre que son de la misma escuadría tienen mayor resistencia, figura 58.

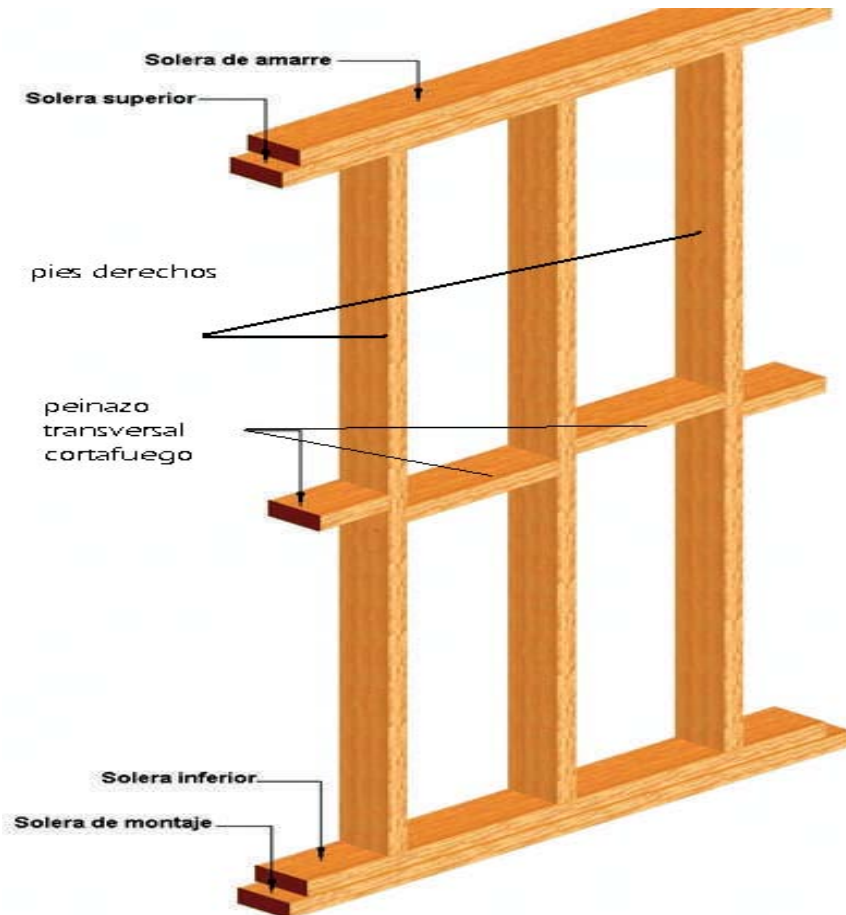


Figura 58. Módulos de madera formando un muro con sus componentes corta fuego.

Muros que incluyen un espacio para la ventana, incluyen los mismos elementos que el muro continuo, aumentando una pieza de la misma escuadría en la junta formada con el pie derecho en ambos costados, mientras que en el hueco formado por el dintel y la solera superior, debe rellenarse con una pieza de madera maciza como se muestra en la figura. Esta pieza evitara la rápida propagación del fuego de un nivel a otro, conjuntamente con los elementos descritos anteriormente. Estos elementos son de suma importancia cuando se llegue a presentar alguna explosión de un cuarto a otro ver figura 59.

Muro con espacio para puerta de acceso, estas piezas también incluyen los mismos elementos descritos corta humo y corta fuego, rellenando una vez más el espacio formado por el dintel y la solera superior con madera maciza formando una viga, la que ayudara a disminuir la velocidad de las llamas, figura 59 y 60.

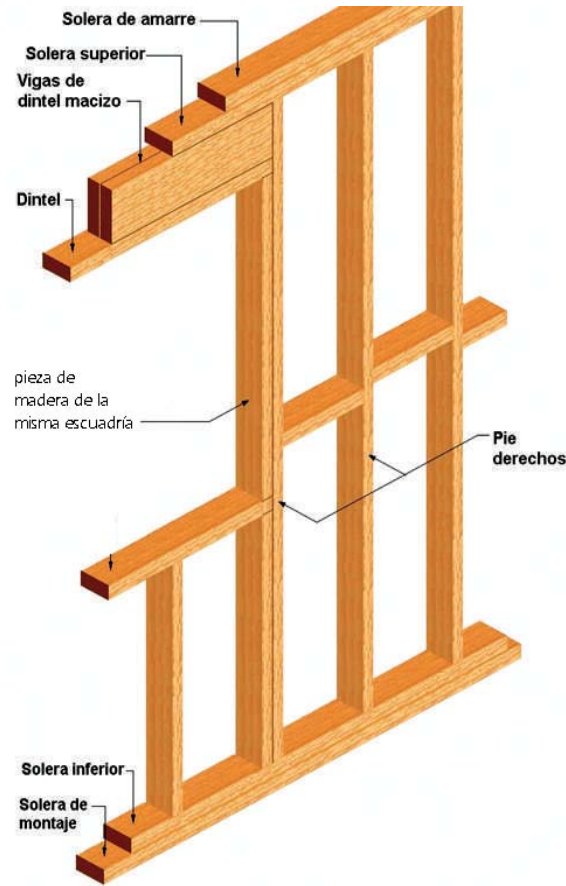


Figura 59. Muro armado en módulos y sus componentes contra el fuego.

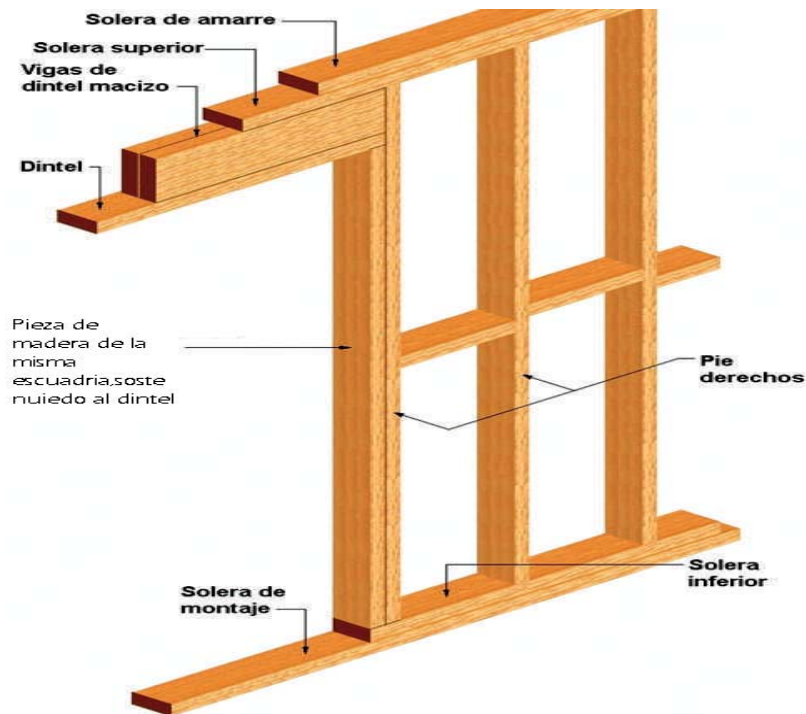


Figura 60. Elementos principales de un muro de madera.

Materiales de construcción incombustibles.

- Tableros de yeso (tabla roca), son muy eficientes para resistir los efectos del fuego ya que en su fabricación se incluye fibra de vidrio.
- Planchas de fibrocemento, tienen propiedades impermeables e incombustibles, por lo que son ideales para colocarlos en zonas húmedas, salinas, a la intemperie y en cocinas, baños, bajo aleros de estructuras de techumbre, cerca de claros de puertas y ventanas
- Lana mineral, es un producto que se obtiene al someter las rocas ígneas con un alto contenido de sílice a un proceso de fundición del que se obtienen fibras minerales blancas, largas y finas. Estas fibras se aglomeran con resinas de tipo fenólico, que formarán colchonetas, rollos, y bloques. Esta lana mineral es incombustible y no inflamable, no emite gases tóxicos y tiene baja conductividad térmica.
- Lana de vidrio, se obtiene al fundir arena con un alto contenido de sílice y otros componentes, se obtiene al fundirla a altas temperaturas, se encuentra en forma de rollos, paneles en varios espesores y densidades, en combinación con otros materiales de revestimiento soporta altas temperaturas y ayuda a retardar el fuego.
- Polietileno, es un material de muy poco peso y económico, si está protegido del calor no es peligroso, sin embargo si el fuego lo alcanza se consume rápidamente, provocando llamas de poca duración.

Una vivienda de madera debe ser diseñada siguiendo varios parámetros que resistan la acción destructiva del fuego, el diseño de una estructura de madera debe considerar, revestimientos fijos entre el armado de los módulos y mejore el tiempo de resistencia al fuego. Las figuras 61 y 62, se muestran ejemplos de revestimientos de ésta protección ya que evitan la propagación de las llamas y posibles daños a la estructura resistente.

En la figura 61, se aprecia los revestimientos interiores de un entramado de madera que forma un muro, en los espacios se ha colocado placas de lana mineral que por sus características evitan que las llamas se propaguen en forma vertical, además de que los peinaos corta fuego se suman a esta tarea.

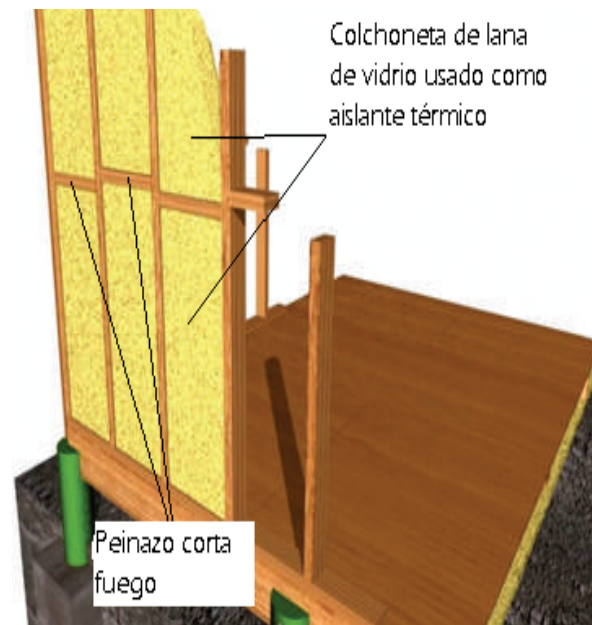


Figura 61. Relleno de módulos con lana de vidrio.

En muros interiores es aconsejable que una vez armado el entramado (bastidor) de madera el cual suele ser de 2" x 3", se rellenen con lana mineral o lana de vidrio, mientras que en una de las caras se puede colocar un panel o tablero de tabla roca, mientras que la otra cara debe revestirse con un tablero de madera contra chapada, de aglomerado o de fibras orientadas, como elemento arriostrante, figura 62.

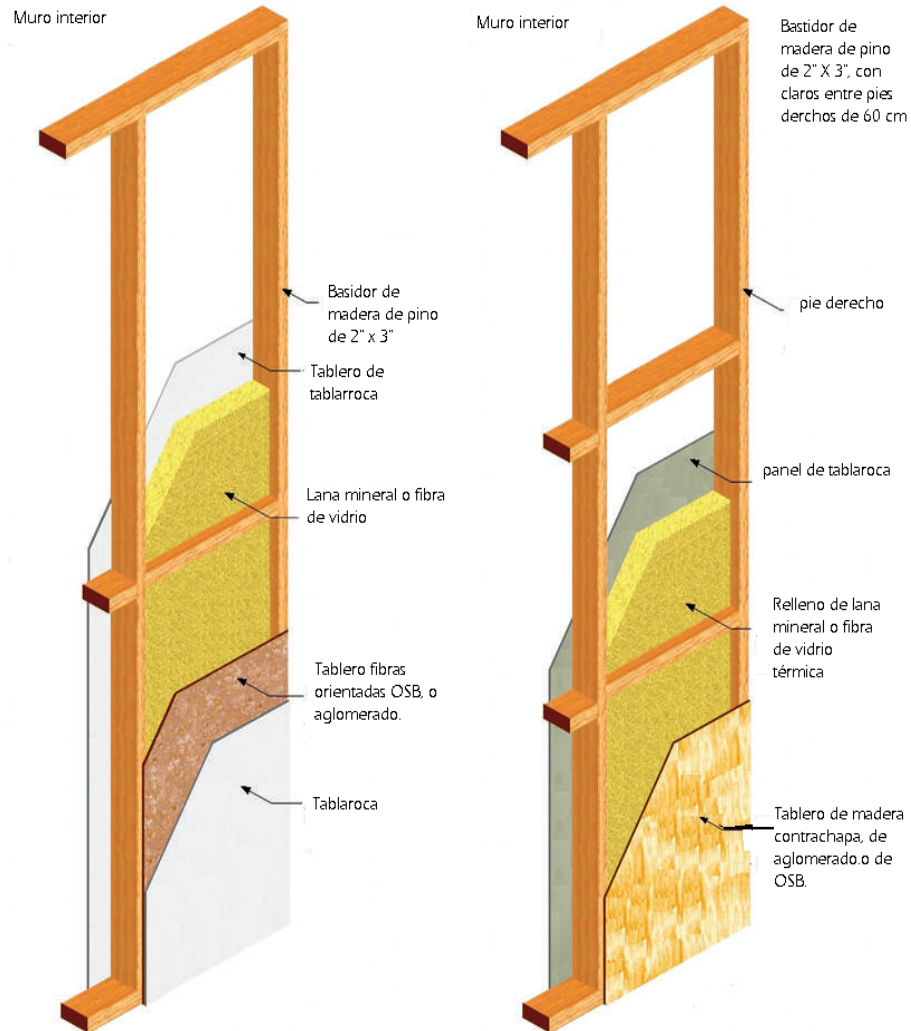


Figura 62. Muros de madera con revestimiento interior y exterior retardadores del fuego.