



Acta Universitaria

ISSN: 0188-6266

actauniversitaria@ugto.mx

Universidad de Guanajuato

México

Chávez Valencia, Luis Elías; Hernández Barriga, Claudia; Ruiz Jaime, César Leonardo

Determinación de la calidad de la madera de construcción

Acta Universitaria, vol. 20, núm. 2, mayo-agosto, 2010, pp. 5-13

Universidad de Guanajuato

Guanajuato, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41613788001>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

 redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Determinación de la calidad de la madera de construcción

Luis Elías Chávez Valencia*, Claudia Hernández Barriga* y César Leonardo Ruiz Jaime*

RESUMEN

La determinación de la calidad de la madera es una actividad no acostumbrada, debido a la ignorancia de su efecto sobre el total de la obra. La calidad en una madera se puede considerar como una serie de atributos que le confieren propiedades para usos específicos. En esta investigación la madera de prueba se seleccionó de un lote de una empresa distribuidora de la ciudad de Guanajuato. Se determinaron las propiedades mecánicas, el contenido de humedad, así como las características necesarias para su calificación y clasificación visual de acuerdo con las normas mexicanas, observando que la madera del lote analizado cumple ampliamente con los requisitos para la calidad A, concluyendo que éstas tienen la calidad necesaria para la construcción tanto de vivienda como de estructuras auxiliares tales como: cimbras, andamios y rampas.

ABSTRACT

Determining the quality of wood is not a common research activity, due to ignorance of its effect on the overall quality of constructions. Wood quality can be considered as a combination of attributes that give it properties appropriate for specific uses. The wood used in this research experiment was donated by a local supplier in the City of Guanajuato. Mechanical properties, water content, and those characteristics necessary for visual grading and classification were judged according to Mexican standards. The analyzed sample easily complied with the requirements for class A, implying that it was of sufficient quality for use in the construction of houses, decorative details, and ramps.

Recibido: 15 de Febrero de 2010
Aceptado: 12 de Mayo de 2010

INTRODUCCIÓN

Cuando se observa un árbol vivo, se pueden distinguir el tronco, sus ramas y sus hojas. Del tronco podemos apreciar la corteza que lo protege de lesiones e insectos; está generalmente agrietada y constituida por tejido muerto denominado corcho o súber. A poca profundidad se tiene la corteza interior o liber, que generalmente se puede observar mediante un raspado ligero, está formado por tejido vivo cumpliendo la función de distribución de los productos elaborados por las hojas mediante el fenómeno de la fotosíntesis, es impermeable y retiene la savia. Conforme nos adentramos en el tronco podemos observar el cambium, que es una sustancia viscosa que se encuentra entre la corteza interior y la zona maderable del árbol, donde se efectúa su crecimiento. La parte maderable del árbol está formada por tres capas subyacentes: albura o sámago, corazón o duramen y la médula. La albura es de color muy claro y se constituye por una banda angosta fisiológicamente activa que cumple la función de transporte de los materiales absorbidos por el sistema radicular para llevarlos hasta las hojas, donde se realiza la fotosíntesis con la ayuda de la clorofila y la luz solar. El resto de la albura es tejido fisiológicamente muerto, en donde se acumulan sustancias de reserva a la vez de servir de sostén de la planta. El corazón es de color más oscuro, producto de la transformación de la albura por acumulación de numerosas sustancias que se van depositando en el interior de las células, tales como aceites, resinas, taninos, gomas, compuestos fenólicos y sustancias cromógenas que colorean la madera. La médula es una materia suave que se encuentra en el centro del árbol. Cuando éste envejece, las células de alrededor se cierran tanto, que a medida que los árboles maduran, ya no se encuentra médula. (Rinaldo, 1986, p.47).

Palabras clave:
Calidad; Madera; Propiedades Mecánicas;
Vigas; Tablones.

Keywords:
Quality; Wood; Mechanical Properties;
Joists; Wooden Beams; Lumber.

* Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Guanajuato. Avenida Juárez, No. 77, Centro, Guanajuato, Guanajuato, C.P.: 36000. Comutador: 473-1020100, Ext.: 2219, Fax.: 2230. Correo Electrónico: lechavez@quijote.ugto.mx.

Las maderas se pueden clasificar de acuerdo con su origen vegetal como: maderas duras (roble, nogal, caoba, arce y encino), maderas suaves (coníferas, abeto, pino, cedro, pinabete) y maderas finas (ébano, sándalo). Las maderas más empleadas en la construcción (Richardson, 1990, p.60) son coníferas (gimnospermas), lo anterior debido a que poseen una estructura anatómica mucho más simple en donde el elemento principal es la traqueida (células de la madera que conducen la savia y son el sostén del árbol). El tejido de reserva está constituido por el parénquima radial (pared celular delgada y lumen grande) pues el axial es muy escaso. Los radios leñosos están formados por traqueidas y células parenquimáticas. Éstos están formados por una hilera de células que no presentan la disposición estratificada que puede observarse en algunas maderas de latifoliadas generalmente ocupados por un canal resinífero. (Tsoumis, 1991, p. 494).

En la producción de madera para la construcción, la orientación de la fibra es uno de los factores más importantes, lo ideal es que el eje longitudinal de éstas sea paralelo al eje de la pieza, lo que le confiere mayor resistencia mecánica, facilidad de corte y cepillado, y menor propensión a torcerse. El tipo de corte determina la posición de los anillos de crecimiento y la madera del corazón, así como la orientación de las fibras, por lo anterior en los aserraderos se prefiere el corte tangencial o tangencial modificado (con el plano de corte centrado), sin embargo, en casos especiales se puede realizar un corte selectivo. La madera distribuida en la ciudad de Guanajuato, principalmente vigas y tablones, presentan cortes tangenciales centrados, ver Figura 1, consecuentemente las probetas empleadas en esta investigación tienen los mismos ejes, P es el plano paralelo o longitudinal, T es el plano tangencial o grosor y R es el plano radial o anchura.

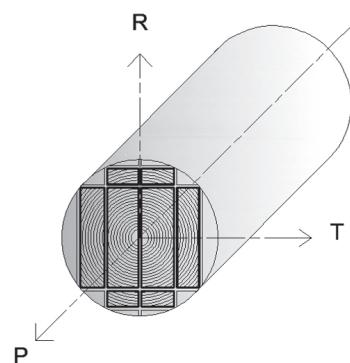


Figura 1. Corte tangencial modificado con el plano de corte centrado.
P= eje paralelo, T= eje tangencial y R= eje radial.

En México la norma NMX-C-239-1985, nos permite determinar la calificación y clasificación visual, la NMX-C-446-2005 nos facilita evaluar las propiedades mecánicas y la NMX-C-445-2005 establece el procedimiento para determinar el contenido de humedad de la madera de pino empleada en usos estructurales. La presente publicación tiene la finalidad de presentar las propiedades físicas-mecánicas obtenidas del control de calidad de un lote de madera suministrada en la ciudad de Guanajuato y su comparación con el Reglamento de Construcción del estado de Michoacán, debido a que más de la mitad de este material proviene de dicho estado.

MÉTODOS

En la presente investigación se empleó la norma NMX-C-239-1985, la NMX-C-446-2005 y la NMX-C-445-2005 (ONNCCE, 2006, p 1). La norma para determinar la calificación y clasificación visual para madera de pino en usos estructurales (NMX-C-239-1985) nos permite juzgar la magnitud y el efecto que tienen las características o defectos de la madera sobre sus propiedades mecánicas, así como los criterios para agrupar las piezas de madera por grado de calidad. Para poder realizar la inspección de las piezas de madera es necesario conocer la terminología relativa, como se muestra en la tabla 1.

Además, esta misma norma nos permite clasificar la madera en tres categorías: clase A (resistencia alta), clase B (resistencia media) y clase C (resistencia baja), para el caso de la madera para construcción solo se aceptan clase A y B. Como los nudos en la madera de conífera es uno de los principales defectos que restringen su uso en la construcción, esta propiedad está limitada para diversas magnitudes de la sección comercial de acuerdo con la tabla 2.

Sin embargo, para la madera empleada en la construcción destinada a usos estructurales en viviendas se tienen especificaciones más estrictas, mostradas en la tabla 3.

Para determinar las propiedades mecánicas se empleó la norma NMX-C-446-2005, para el caso de la madera de la construcción es necesario conocer cuatro propiedades (Chávez, 2010, p.80): resistencia a compresión paralela a las fibras, módulo de elasticidad, módulo de ruptura y resistencia a cortante de acuerdo a las condiciones de la tabla 4. Existen otras propiedades mecánicas que no son muy trascendentales para nuestro estudio, pero no menos importantes para las piezas de madera empleadas en envases y embalajes,

Tabla 1.

Terminología empleada la calificación y clasificación de la madera para uso estructural.

| Término | Definición |
|----------------------|--|
| Nudos | Porción de madera dura y compacta perteneciente a las ramas que quedaron incluidas en el tronco. |
| Hilo | Disposición longitudinal con respecto al eje axial de los elementos constitutivos de la madera. Puede ser derecha, inclinada, en espiral o entrelazada. |
| Hilo inclinado | Desviación angular de los elementos constitutivos con respecto al eje longitudinal del árbol o con respecto al canto de una pieza. |
| Contenido de humedad | La cantidad de agua que contiene una pieza expresada como porcentaje de la masa anhidra. Madera seca al aire (<18 %), madera seca en estufa (<14 %). |
| Defectos | Disminución en las propiedades mecánicas, químicas o físicas que limitan el uso de la pieza de madera. |
| Corteza incluida | Madera de corteza externa o interna localizada en una o varias partes de la madera. |
| Madera de compresión | Madera de reacción que se forma en el lado inferior de los arboles de coníferas inclinados y torcidos, donde los anillos de crecimiento son mayores que en el resto del árbol. Es más dura, quebradiza y oscura. |
| Grietas | Separación de la madera que es resultado del secado y se manifiestan superficialmente. |
| Rajadura | Separación de los elementos constitutivos de la madera que afecta totalmente el grosor o ancho de una pieza y que es paralela a los cantos de la misma. |
| Mancha | Cambios de color de la madera que no afectan la estructura leñosa y se produce por acción de hongos. |
| Perforación | Presencia de galerías en la madera producida por diferentes animales. |
| Pudrición | Descomposición gradual de la sustancia leñosa, por la acción de hongos o insectos xilófagos. |
| Alabeo | Curvatura de una pieza de madera por la deformación de sus planos longitudinal (arqueamiento) o transversal (encorvadura) o de ambos (torcedura). |
| Acanalamiento | Curvatura de una pieza de madera por el arqueamiento de su plano transversal. |
| Gema | Falta de una arista en una pieza de madera |
| Cantos | Superficies planas menores y normales, a las caras, paralelas entre si y al eje longitudinal de una pieza. |
| Acebolladura | Es la desunión de dos anillos de crecimiento contiguos, asociadas con la presencia de bolsas de resina. |
| Área de nudos | Magnitud del área ocupada por los nudos en una sección transversal dada. |
| Nudos sobre canto | Son los nudos que aparecen parcial o totalmente en las zonas más cercanas a los cantos de la madera, hasta 1/8 del ancho de la cara. |

Tabla 2.

Límites para los nudos de la madera de la construcción para medidas comerciales.

| Clase | Resistencia | Grosor (mm) | Ancho (mm) | ATMNS | ATMNC |
|-------|-------------|-------------|------------|-------|---------------------|
| A | Alta | 19 a 140 | 87 a 290 | 1/4 | 1/8 |
| B | Media | 19 a 140 | ---- | 1/4 | ---- |
| PA | Alta | 87 | 87 | 1/3 | 645 mm ² |
| PB | Baja | 87 | 87 | 1/3 | 1/5 |
| VA | Alta | 87 | 190 | 1/3 | 645 mm ² |
| VB | Baja | 87 | 190 | 1/3 | 1/5 |
| SA | Alta | 38 | 87 a 290 | 1/2 | 645 mm ² |
| SB | Baja | 38 | 87 a 290 | 1/2 | 1/8 |
| AA | Optima | 38 | 87 a 240 | 1/4 | 0 |
| BB | Media | 38 | 87 a 240 | 1/4 | 1/8 |

Donde: ATMNS es el área total máxima de nudos en la sección, ATMNC es el área total máxima de nudos en el canto. ATM es el área máxima cuantificada de los nudos de la sección y del canto con respecto al área de la sección transversal de la pieza de madera.

tales como la resistencia a compresión perpendicular a la fibra, tensión paralela y perpendicular a la fibra. Lo anterior debido a que en la construcción la madera se emplea a compresión y flexión para diferentes condiciones de humedad.

Finalmente de acuerdo con la norma la NMX-C-445-2005 se determinó la humedad natural y la humedad de absorción, como la cantidad de agua que la madera puede tener en estado natural y sumergido en el agua durante 24 horas en muestras cúbicas de 50 mm de lado, respecto a su estado anhidro.

DESARROLLO

Para realizar la presente investigación se asistió a a distribuidora de madera de la ciudad de Guanajuato en la cual se solicitó el labrado de las probetas para determinar las propiedades mecánicas de las dimensiones citadas en la tabla 4. Dichas muestras se elaboraron de tablones de 50 mm de grosor, 100 mm de anchura y 2 450 mm de longitud, los cuales fueron caracterizados para determinar si cumplen con las especificaciones citadas en la tabla 3, como sigue:

Tabla 3.
Defectos máximos permisibles en la madera para uso estructural en vivienda.

| Defecto | Clase A | Clase B |
|--|---|------------------------------|
| Pendiente del hilo | 1:10 | 1:8 |
| Arqueamiento | Grosor = 38 mm < 20 mm y para grosor = 88 mm < 10 mm, para 2 metros de longitud. | |
| Encorvadura | Ancho = 88 mm < 10 mm y para ancho = 290 mm < 5 mm para 2 metros de longitud. | |
| Torcedura | 1,5 mm por cada 12 mm de ancho, para 2 metros de longitud. | |
| Acanalamiento | 1 mm por cada 50 mm de ancho. | |
| Grietas, rajaduras y acebolladuras | <1/2 del ancho o del grosor de la pieza | |
| Gema | <1/4 del grosor o del ancho | <1/3 del grosor o del ancho. |
| Ataque de insectos | Sin infestación. | |
| Agujero de larva | 2 por cada 3600 mm ² de 12 mm de diámetro. | |
| Bolsa de resina | 1/4 del área total de la sección | |
| Distorsión localizada de los hilos por la presencia de los nudos | 1/8 del espesor del lado transversal a la pendiente del hilo cuando el nodo está localizado en el canto, en caso contrario 1/4 del espesor. | |

Tabla 4.
Condiciones para determinar las propiedades mecánicas de la madera.

| Propiedad | Humedad | Ancho (mm) | Grosor (mm) | Largo (mm) | Tipo de carga |
|--|---------|------------|-------------|------------|---------------|
| Resistencia a compresión paralela a las fibras | Natural | 50 | 50 | 200 | Axial |
| Módulo de elasticidad | Natural | 50 | 50 | 200 | Axial |
| Módulo de ruptura | Natural | 50 | 50 | 760 | Radial |
| Resistencia a cortante | Natural | 50 | 50 | 760 | Radial |

Pendiente del hilo. Para determinar esta propiedad se empleó una escuadra comercial de 60° con el lado mayor de 300 mm de largo y se midió a la altura que cruzaban los hilos en el lado corto, para 30 piezas en los lugares más desfavorables, teniendo como resultado una inclinación de 1:15.

Arqueamiento. Para determinar esta propiedad se tomaron tablones a los cuales se colocó un clavo al centro de su anchura en ambos extremos de su longitud, ver figura 2A, estos puntos fueron unidos mediante un hilo de costura, con lo cual se pudo medir la diferencia entre el hilo y la pieza de madera a la mitad de su longitud, esto es a 1 225 mm, resultando 10 mm de desviación en promedio de 30 piezas.

Encorvadura. Para esta propiedad se tomaron tablones a los cuales se les colocó un clavo al centro de su grosor en ambos extremos de su longitud, ver figura 2B, los cuales fueron unidos por un hilo de costura, con lo cual se pudo medir la diferencia entre el hilo y la pieza de madera a la mitad de su longitud, esto es a 1 225 mm, resultando 8 mm de desviación en promedio de 30 piezas.

Acanalamiento. Para esta propiedad se tomaron tablones a los cuales se colocó un clavo al centro de su longitud en ambos extremos de su anchura, ver figura 2C, los cuales fueron unidos por un hilo de costura, con lo cual se pudo medir la diferencia entre el hilo y la pieza de madera, resultando 1 mm de desviación en promedio de 30 piezas.

Torcedura. Para determinar esta propiedad se tomaron tablones a los cuales se les colocaron clavos en las uniones de su anchura y longitud, ver figura 2D, mismos que fueron unidos con hilos de costura. Se midieron las distancias de las esquinas a la falsa intersección (FI) de los hilos (a_{FI} y b_{FI} para el hilo superior, c_{FI} y d_{FI} para el hilo inferior) y la diferencia

de altura entre los hilos (h) en FI. La torcedura (Z) del tablón esta determinado como: $h + h(b/a)$. Resultando 2 mm de desviación (Z) en promedio de 30 piezas. Para determinar el alabeo (Torcedura, Arqueamiento, Encorvadura y Acanalamiento), en todos los casos los tablones fueron rotados 180° y repetidas las pruebas, debido a que existe la posibilidad de estar realizando mediciones de la parte convexa del defecto y los valores obtenidos pueden ser cero o negativos, para tener una mayor exactitud se empleó un vernier.

Grietas, rajaduras y acebolladuras. Para determinar las grietas por secado y acebolladuras, se observaron las 30 piezas de madera, no encontrando ninguno de los dos defectos. En el caso de las rajaduras se localizaron principalmente en los extremos de 2 de los 30 tablones con un promedio de 10 mm para su longitud y 5 mm para su anchura.

Gemas. Para determinar las gomas se midió el ancho la corteza exterior incluida y/o de la falta de material en las aristas limitantes al ancho del tablón de 100 mm de magnitud por ambas caras, resultado un promedio de 1/10 del ancho. De acuerdo con la norma se realizó el mismo procedimiento para el grosor de la pieza, obteniendo un promedio de 1/8 del grosor.

Bolsas de resina y nudos. De acuerdo con la norma NMX-C-239-1985, se debe de tomar un tramo de 150 mm del tablón en donde se presente la mayor concentración de nudos y bolsa, realizar cortes transversales que se consideren necesarios y determinar el área proyectada por los nudos en la sección transversal sin duplicar los traslapos y cuantificando por separado los nudos de los cantos. Los resultados deben de cumplir con los límites de la tabla 2. Cabe mencionar que los tablones examinados en la distribuidora de madera no presentaron nudos, ni bolsa de resina. Sin embargo, este resultado no siempre es posible para lo cual se recomienda emplear la norma

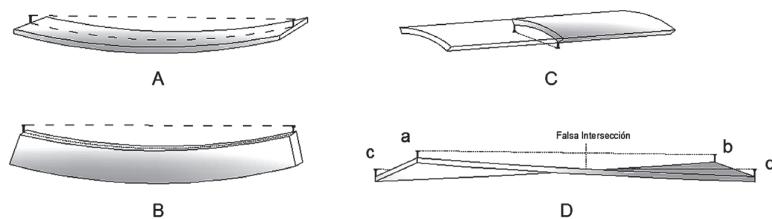


Figura 2. Defectos de la madera: A). Arqueamiento, B). Encorvadura, C). Acanalamiento y D). Torcedura.

NMX C-239-1985, ya que muestra el procedimiento para determinar el efecto de los nudos en la calidad de la madera. El procedimiento de prueba propuesta en la norma se basa en determinar el diámetro del nudo, cantidad relativa, ubicación y situación en una pieza de madera de 50x50x200 mm, que es una probeta para resistencia a compresión paralela a la fibra. Los límites establecidos son: madera selecta (A) sin nudos, madera de primera (B) con nudos de diámetro ≤ 25 mm alejados de los bordes, escasos y firmes, madera de segunda (C) con nudos de diámetro > 25 mm con cualquier ubicación, abundantes y sueltos (uso no estructural).

No se encontraron ataque de insectos ni agujeros de larvas por lo que su efecto y diámetro, respectivamente no pudieron ser determinados. Tampoco se detectaron distorsiones de los hilos debido a la presencia de nudos en la madera.

Posteriormente a la calificación y clasificación de la madera se desarrolló el procedimiento recomendado en la norma NMX-C-445-2005 con lo cual se determinó la humedad actual y la absorción en cubos de madera de 50 mm de lado. A las probetas elaboradas de los tablones se le determinó el peso, registrándolo como peso húmedo, después las muestras se secaron durante 24 horas a 100 °C en una estufa hasta peso constante, registrándolo como peso seco. La diferencia entre los pesos se puede considerar como el agua que contenía la madera, la cual se puede representar como un porcentaje con respecto al peso seco de la misma, conocido como humedad natural (Fernández, 1980, p.50). Además, tomando las probetas en estado seco, se saturaron en agua durante 24 horas, para que después de un secado superficial se determinara el peso, registrándolo como peso saturado. La diferencia entre los pesos se puede considerar como el agua que absorbe la madera, la cual se puede representar como un porcentaje con respecto al peso húmedo de la misma, conocido como absorción de la madera.

Finalmente, con la norma NMX-C-446-2005 se evaluaron las propiedades mecánicas en las condiciones que para tal fin recomienda la tabla 4. Para determinar la resistencia a compresión paralela a las fibras y el módulo de elasticidad se elaboraron probetas de 50x50x200 mm y se sometieron a carga en el plano paralelo a las fibras, la cual al ser dividida entre el área de la sección transversal real de las probetas dan como resultado dicha resistencia. Si a las probetas anteriores se determina la deformación para rangos de carga preestablecidos, se puede elaborar la gráfica de esfuerzo-deformación unitaria,

ver figura 3, y el módulo de elasticidad se determina como la pendiente entre dos puntos cualquiera en el límite de proporcionalidad de dicha gráfica.

Para determinar el módulo de ruptura y la resistencia cortante se empleó una probeta de 50x50x760 mm, a la cual se determina su ancho, grosor y longitud real, se marca 25 mm al lado más largo, a la cual se somete a flexión en tres puntos aplicando carga al centro, cuya magnitud y datos geométricos de la probeta empleados para determinar las propiedades mecánicas de la misma, ver figura 4.

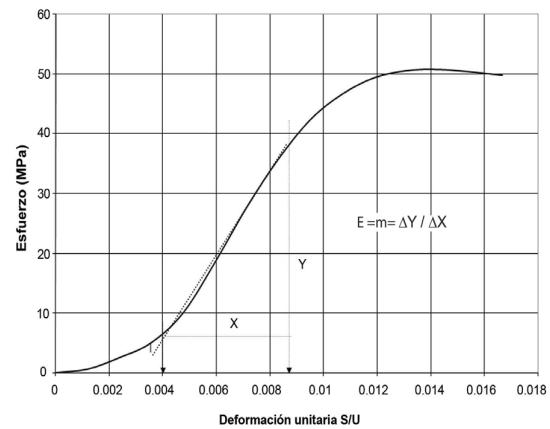


Figura 3. Diagrama esfuerzo-deformación unitario de la madera.



Figura 4. Probeta de madera de 50x50x760 mm empleada en la resistencia a flexión en tres puntos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 5 se muestran los resultados la calificación y clasificación de los tablones, comparando los resultados con los límites establecidos en la norma NMX-C-445-2005, se puede observar que el lote analizado cumple con los requisitos para que la madera sea considerada como de calidad A.

Para las propiedades mecánicas y físicas de la madera, los resultados que son el promedio de 30 prue-

bas se muestran en las tablas 6 y 7, en donde se puede observar que el contenido de humedad de la madera fue para humedad natural de 13,26 % y para humedad de absorción de 35,25 %. Además, se determinó la resistencia a compresión paralela a la fibra resultando un valor mínimo de 26,83 MPa y máximo de 35,85 MPa, con una resistencia promedio de 29,81 MPa. De la prueba de compresión paralela a la fibra se determinó el módulo de elasticidad teniendo como mínimo 4 677,21 MPa y máximo 7 202,21 MPa, con un promedio de 5 800,35 MPa. El tipo de falla de la madera probada

Tabla 5.
Resultados de la clasificación y calificación.

| Defecto | Clase A | Clase B | Resultado |
|--|---|--|-----------------------------------|
| Pendiente del hilo | 1:10 | 1:8 | 1:15 |
| Arqueamiento | Grosor = 38 mm < 20 mm y para grosor = 88 mm < 10 mm, para 2 metros de longitud. | | 10 mm para 50 mm de grosor |
| Encorvadura | Ancho = 88 mm < 10 mm y para ancho = 290 mm < 5 mm para 2 metros de longitud. | | 8 mm para 100 mm de ancho |
| Torcedura | <1,5 mm por cada 12 mm de ancho, para 2 metros de longitud. | | 2 mm para 100 mm de ancho |
| Acanalamiento | <1 mm por cada 50 mm de ancho. | | 1 mm para 100 mm de ancho |
| Grietas, rajaduras y acebolladuras | <1/2 del ancho o del grosor de la pieza | | 1/10 del ancho |
| Gema | <1/4 del grosor o del ancho | <1/3 del grosor o del ancho. | 1/10 del ancho y 1/8 del espesor. |
| Nudos (C-18-1946) | Sin nudos | Diámetro ≤ 25 mm alejados de los bordes, escasos y firmes. | Sin |
| Ataque de insectos | | Sin infestación. | Sin |
| Agujero de larva | 2 por cada 3600 mm ² de 12 mm de diámetro. | | Sin |
| Bolsa de resina | 1/4 del área total de la sección | | Sin |
| Distorsión localizada de los hilos por la presencia de los nudos | 1/8 del espesor del lado transversal a la pendiente del hilo cuando el nodo está localizado en el canto, en caso contrario 1/4 del espesor. | | Sin |

Tabla 6.
Resultados de la resistencia a compresión y módulo de elasticidad.

| Propiedad / Nivel | Bajo | Medio | Alto |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Tipo de madera | Pino | Pino | Pino |
| Origen de madera | Michoacán | Michoacán | Michoacán |
| Humedad natural (%) | 8,98 | 13,26 | 17.84 |
| Humedad de absorción (%) | 28,89 | 35,25 | 42.84 |
| Lado 1 (mm) | 50,1 | 50,0 | 50.2 |
| Lado 2 (mm) | 50,0 | 50,1 | 50.5 |
| Área (mm ²) | 250,5 | 250,5 | 253.3 |
| Alto (mm) | 200,0 | 201,0 | 200.0 |
| Carga de ruptura (kN) | 67,21 | 74,56 | 90.81 |
| Resistencia (MPa) | 26,81 | 29,72 | 35.91 |
| Tipo de Falla | Aplastamiento | Aplastamiento | Aplastamiento |
| Módulo Elasticidad (MPa) | 4 677,21 | 5 800,35 | 7201.81 |

a compresión paralela a la fibra fue aplastamiento. Así mismo, se determinó el módulo de ruptura (MR) de muestras sujeta a flexión teniendo un MR mínimo de 31,81 MPa y máximo de 38,87 MPa y un valor promedio de 35,53 MPa, el esfuerzo cortante mínimo fue 4,45 MPa y el máximo de 5,47 MPa y un valor promedio de 4,99 MPa. La falla predominante fue por tensión de las fibras.

En la tabla 8 se muestran los requisitos para la compresión paralela, la fibra y resistencia a flexión del reglamento del estado de Michoacán (CIC Michoacán, 2000, p. 345). Se puede observar que las propiedades mecánicas y físicas del lote de maderas analizado cumplen con la clase selecta equivalente a la clase A de la norma NMX-C-445-2005.

CONCLUSIONES

1.- La parte de un árbol de la cual se puede obtener madera para la construcción es principalmente el corazón y la médula ya que presentan mejores propiedades que la albura y las cortezas.

2.- La madera que se oferta en la ciudad de Guanajuato es de coníferas suaves del estado de Michoacán con las cuales se elaboraron los tablones y las probetas empleadas en esta investigación mediante cortes tangenciales sucesivos.

3.- De acuerdo con los límites de propiedades mecánicas y físicas, la madera procedente del lote analizado cumple con los requisitos para la clase A o selecta, estos tablones son distribuidos en la ciudad de

Tabla 7.
Resultados del módulo de ruptura (MR) y resistencia a cortante.

| Propiedad/ Nivel | Bajo | Medio | Alto |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|
| Tipo de madera | Pino | Pino | Pino |
| Origen de madera | Michoacán | Michoacán | Michoacán |
| Ancho (mm) | 49,2 | 49,0 | 50,0 |
| Peralte (mm) | 49,7 | 50,0 | 50,0 |
| Área Transversal (mm ²) | 245,0 | 245,0 | 250,0 |
| Largo (mm) | 355,0 | 355,0 | 355,0 |
| Carga de ruptura (kN) | 7,21 | 7,36 | 9,12 |
| MR (MPa) | 31,78 | 35,51 | 38,85 |
| Cortante (MPa) | 4,41 | 5,00 | 5,49 |
| Tipo de Falla | Falla de tensión | Falla de tensión | Falla de tensión |

Tabla 8.
Requisitos para la resistencia a compresión paralela a la fibra, módulo de elasticidad, módulo de ruptura y resistencia a cortante en MPa.

| Solicitud | Selecta(A) | Resultados | Primera(B) | Segunda | Tercera |
|-----------------------------------|------------|------------|------------|---------|---------|
| Compresión paralela a la fibra | 6,87 | 26,81 | 4,91 | 2,45 | 2,45 |
| Módulo de elasticidad- Mínimo | 3 924 | 4 677 | 3 924 | 3 924 | 3 924 |
| MR | 7,85 | 31,78 | 5,89 | 2,94 | 1,96 |
| Cortante | 1,37 | 4,41 | 1,37 | 0,69 | 0,50 |

Guanajuato para ser empleados principalmente en la construcción de estructuras auxiliares.

4.- La madera ofertada en la ciudad de Guanajuato del lote analizado está libre de xilófagos.

5.- El control de calidad en los materiales de construcción es de suma importancia y en el caso de la madera lo es en mayor grado debido a que ésta es empleada en la construcción de estructuras auxiliares de las cuales depende la seguridad de los trabajadores de la construcción.

REFERENCIAS

Chávez Valencia, L.E. y Hernández Barriga C. (2010). *Caracterización básica de los materiales de construcción.* (p. 72-85) México. Universidad de Guanajuato. México. ISBN: 978-968-9322-39-9.

Colegio de Ingenieros Civiles de Michoacán (2000). *Reglamento de Construcción del Estado de Michoacán.* CIC Michoacán.

ONNCCE. (2006). NMX-C-239-1985, NMX-C-446-2005 y NMX-C-445-2005. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación S.C. México DF. Richardson, J.G. (1990). *Cimbras y moldes, guía práctica para su construcción y su uso.* (p. 55-78). IMCYC. Noriega-Limus.

Rinaldo Tuset, Doran Fernando. (1986). *Manual de maderas comerciales, equipos y procesos de utilización (aserrado, secado, preservación, descortezado, partículas).* (p.40-50). Montevideo, Uruguay. Editorial Hemisferio.

Robles Fernández, F. (1980). *La madera y su uso en la construcción.* (p. 45-78) Volumen No.5. Instituto Nacional de Investigaciones Sobre Recursos Bióticos. Universidad Veracruzana.

Tsoumis, George (1991). *Science and Technology of Wood, structure, properties and Utilization.* (p.450-470). New York, USA Van Nostrand Reinhold.