

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS, TRABAJABILIDAD Y SECADO DE LA TECA (*Tectona grandis* L.f) DE PUERTO LIBERTADOR (Córdoba)¹

Carlos A. Betancur Salgado²; Jhon Fredy Herrera B.² y Luis Carlos Mejía Mesa³

RESUMEN

*La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Productos Forestales " Héctor Anaya López" de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Dado el interés de la Empresa Reforestadora del Caribe, por conocer las propiedades físicas y mecánicas, trabajabilidad y secado de la madera de teca (*Tectona grandis* L.f.). ; de cuya especie la Empresa estableció en Noviembre de 1987, una plantación en el municipio de Puerto Libertador (Córdoba).*

Las propiedades físicas que se evaluaron fueron; peso específico (verde, seco al aire, básico, anhidro y ajustado al 12 % de contenido de humedad), contracción y contenido de humedad. En lo relacionado a las propiedades mecánicas, se realizaron ensayos de flexión estática, compresión paralela a las fibras, compresión perpendicular al las fibras, cizallamiento, dureza, extracción de clavos e impacto; los ensayos se llevaron a cabo tanto en estado verde (CH>30%) como en estado seco al aire (CH<15%).

La madera presentó peso específico anhidro (0.57 g/ cm³), ubicándose dentro del grupo de maderas medianamente pesadas, las propiedades mecánicas de la especie se colocaron en el rango de algo medianas a medianas. Al comparar estos resultados con los estudios reportados para la especie, no se observó diferencia alguna.

Los ensayos de trabajabilidad se realizaron en estado seco al aire (CH<15%), evaluando la respuesta de la madera al cepillado, moldurado y taladrado. Los defectos que se presentaron en cepillado fueron grano arrancado, grano velloso y en relieve, siendo de mayor importancia el último, debido a que los demás, se pueden eliminar fácilmente mediante lijado.

¹ Resumen y adaptación del trabajo de grado de los dos primeros autores para optar al título de Ingenieros Forestales.

² Ingenieros Forestales, Egresados. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

³ Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Apartado 1779.

Los defectos en el ensayo de moldurado fueron grano arrancado, grano velloso y astillado, los cuales ocurrieron en mínimo grado y extensión, propiciando un buen acabado. En el ensayo de taladrado, la respuesta de la madera fue excelente al dejarse penetrar fácilmente por la broca. En general, la madera es de fácil trabajabilidad presentando un buen acabado al ser sometida a dichos procesos.

El comportamiento mostrado por la teca (Tectona grandis L.f.), en los diferentes procesos de secado; evidenció los mejores resultados en el secado al aire libre y en la aplicación del horario suave.

En lo concerniente a la respuesta de la madera de la especie a los horarios de secado moderado y severo, se observó la presencia de colapso, endurecimiento y grietas internas que disminuyeron en gran medida la calidad del secado.

Aprobado para su publicación Junio 21 de 2000.

ABSTRACT

This investigation was undertaken at the Forest Products Laboratory "Hector Anaya Lopez" of the National University of Colombia, in Medellin. The project was promoted by the Caribbean Reforest Company, aimed to study the mechanical and physical properties, workability and drying of the Teka wood (Tectona grandis L.f). In November 1987, the company established a Teka plantation in the region of Puerto Libertador (Cordoba).

The physical properties evaluated were: Specific gravity (green, air dried, oven-dry, and adjusted at 12% humidity), Shrinkage and humidity content.

Related to the mechanical properties, tests of static bending, compression parallel to grain, compression perpendicular to grain, Shear parallel to grain, hardness, nails resistance and Toughness, were carried out in green condition (CH>30%) and in air dried condition (CH<15%).

The wood had an oven-dry Specific gravity (0.57 g/cm³) falling into the group of moderately heavy woods, mechanical properties of the species were located in the range between some moderately to moderately heavy woods.

Comparing these results with other investigations for the species, no difference was observed.

The workability test was carried out in air dried condition (CH<15%), observing the reactions of the wood to the brushing, molding and drilling. Defaults shown after brushing were mainly up grain, hairy grain and in relief grain were also observed but those two can be easily eliminated by smoothing.

Defaults observed in the molding test were pulled up grain, hairy and splintered grain, all of which were in a very low grade and extension, leading to a rather good finishing.

In the drilling test the reaction of the wood was excellent, letting the drill blade go in without problems.

In general, this wood is easy to work with and shows a good finish after being put under this kind of processes.

The behavior shown by the Teka (T. grandis L.f) in the different dry processes, lead to the conclusion that the best results were reached combining air dried and soft schedules.

In terms of the wood's reaction to moderate and severe dry and schedules, the presence of collapse, hardness and internalcracks were observed. These effects highly reduced the dry quality.

INTRODUCCIÓN

En vista de la gran presión que se ha ejercido sobre los bosques naturales, a consecuencia del consumo de madera, además del poco conocimiento de la silvicultura de plantaciones de las especies nativas; surge la alternativa de introducir semilla de varios países, con el fin de establecer plantaciones forestales. Este es el caso de la plantación de teca (*Tectona grandis* L.F.) de Puerto Libertador (Córdoba), cuya semilla fue introducida desde Mianmar, de donde dicha especie es nativa.

Con la madera de un lote de nueve años de edad de esta plantación, se llevó a cabo la presente investigación, con el fin de conocer todo lo referente a sus propiedades físicas y mecánicas, trabajabilidad y secado; y así poder determinar, un mejor aprovechamiento a la madera allí existente, y abrirle mercado en la industria.

Además los resultados obtenidos, se compararon con los reportados en otros países, así como el trabajo de Ríos (1982), realizado con madera de teca de la zona de Montería.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección de las muestras en el campo. Se siguió la norma 458 de la comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT, 1972).

Propiedades físicas y mecánicas. Se trató de que las probetas para estos ensayos estuvieran libres de nudos y defectos, con una buena orientación y dimensionadas de acuerdo a las normas establecidas por COPANT (1972), así:

Propiedades físicas:

- Densidad verde, seca al aire, anhidra y básica (COPANT 461)
- Contracción (COPANT 462)
- Contenido de humedad (COPANT 460).

Propiedades mecánicas:

- Flexión estática (COPANT 555)
- Cizalladura (COPANT 463)
- Compresión paralela al grano (COPANT 464)
- Compresión perpendicular al grano (COPANT 466)
- Dureza (COPANT 465)
- Tenacidad o impacto (COPANT 556)
- Extracción de clavos (COPANT 744)

Estos ensayos se realizaron bajo dos condiciones, verde y seco al aire.

Se realizó un análisis estadístico mediante un diseño completamente al azar para cada ensayo, bajo las dos condiciones anotadas. La información se procesó teniendo como base la metodología descrita por Gómez (1989).

Los ensayos de propiedades mecánicas en seco se ajustaron al 12% de contenido de humedad, mediante la fórmula desarrollada por el Laboratorio de Productos Forestales del Servicio Forestal de los Estados Unidos (USDA, 1974).

Trabajabilidad. Se utilizaron probetas en estado seco al aire, y de acuerdo con la norma establecida por American Society for Testing and Materials (ASTM-D 1666-64, 1975).

Se evaluaron los defectos presentados para cada uno de los ensayos; de la siguiente forma; para el cepillado se calificó el grado y el porcentaje del defecto presentado; como fueron el grano arrancado, grano velloso y grano en relieve. En lo relacionado con el ensayo de moldurado, se evaluaron los defectos de grano arrancado, grano velloso y grano astillado. Para taladrado, se tuvo en cuenta solamente el tiempo de penetración de la broca en segundos. El análisis estadístico fue un diseño experimental al azar, con un arreglo factorial, diferenciado para cada ensayo; de la siguiente forma:

Cepillado. Se utilizó un factorial de $3 \times 2 \times 2$.

Factor A. Orientación de las probetas:
Ao: Tangencial.

A1: Radial.
A2: Oblicua.

Factor B. Dirección de entrada a la cepilladora.

Bo: A favor del grano.
B1: En contra del grano.

Factor C. Velocidad de alimentación.

Co: 7.5m/min.
C1: 12m/min.

Moldurado. Se elaboraron dos factoriales de la siguiente forma:

Para los defectos de grano astillado y grano velloso un factorial de $3 \times 2 \times 2$.

Factor A. Orientación de las probetas.

Ao: Tangencial.
A1: Radial.
A2: Oblicua.

Factor B. Dirección.

Bo: A favor del grano.
B1: En contra del grano.

Factor C. Zona de moldura.

Co: Zona 1.
C1: Zona 2.

Para el defecto de grano arrancado se utilizó un factorial de 3×2 .

Factor A. Orientación de las probetas.

Ao: Tangencial.
A1: Radial.
A2: Oblicua.

Factor B. Dirección.

Bo: A favor del grano.
B1: En contra del grano.

Taladrado. Se realizó un factorial de 3×2 .

Factor A. Orientación de las probetas.

Ao: Tangencial.

A1: Radial.

A2: Oblicua.

Factor B. Velocidad del taladrado.

Bo: 500 R.P.M.

B1: 1000 R.P.M.

SECADO

Secado al aire. Se estableció un apilado en campo abierto, sobre bases de concreto (cuatro pilotes); donde se ubicaron las tablas separadas entre sí por listones de madera, en dirección paralela con respecto al flujo del viento. Para evitar la acción directa del sol y la lluvia, se colocó un techo inclinado de eternit. El techo se ubicó 10 cm sobre la pila en el extremo más bajo y 30 cm en el más alto.

Se realizó un seguimiento de peso de toda la carga, cada tres días en las tres primeras semanas, y luego cada ocho días, con el objeto de establecer el contenido de humedad actual de las tablas, mediante la fórmula (Hoheissel, 1987):

$$CHa = Pa/Pi * (100 + Chi) - 100$$

donde:

CHa = contenido de humedad actual.

Pa = peso actual.

Pi = peso inicial.

Chi = contenido de humedad inicial.

Cuando el contenido de humedad en las tablas se estabilizó, se pesaron obteniendo de esta forma el peso final; luego se analizaron de cada tabla muestras similares a las tomadas inicialmente, para obtener el contenido de humedad final por el método de la estufa. Por último, se calcularon los contenidos de humedad corregidos para cada periodo, utilizando la siguiente fórmula (Hoheissel, 1987):

$$CHc = Pa/Pf * (100 + Chf) - 100$$

donde:

CHc = contenido de humedad corregidos.

Pa = peso actual.

Pf = peso final.

Chf = contenido de humedad final.

Secado en cámara controlada. Se aplicaron los horarios de secado catalogados como suave, moderado y severo propuestos por JUNAC (1989).

Tabla 1. Horario suave Maderas que secan bien con temperatura inicial de 105°F (40°C) y final de 131°F(70°C) llegando a 15 + o - 2% de humedad.

| CH% | TEMPERATURA | | TEMPERATURA | | HR% | ECH% | °F | ΔT | |
|-------|------------------|------|--------------------|------|------|------|------|------|----|
| | Bulbo seco °F | °C | Bulbo húmedo °F | °C | | | | °F | °C |
| verde | 105,0 | 40,0 | 99,0 | 37,0 | 80,0 | 15,1 | 6,0 | 3,0 | |
| 40 | 105,0 | 40,0 | 95,0 | 35,0 | 70,0 | 11,9 | 10,0 | 5,0 | |
| 30 | 113,0 | 45,0 | 99,0 | 37,0 | 60,0 | 10,0 | 14,0 | 8,0 | |
| 25 | 122,0 | 50,0 | 105,0 | 42,0 | 50,0 | 9,0 | 17,0 | 10,0 | |
| 20 | 131,0 | 55,0 | 108,0 | 42,0 | 40,0 | 7,3 | 23,0 | 13,0 | |

| | | | | | | | | |
|----|-------|------|------|------|------|-----|------|------|
| 15 | 131,0 | 55,0 | 99,0 | 37,0 | 30,0 | 5,6 | 32,0 | 18,0 |
|----|-------|------|------|------|------|-----|------|------|

Tabla 2. Horario moderado. Maderas que secan bien con temperatura inicial de 122 °F (50°C) y final de 158°F(70°C) llegando a 15 + o - 2% de humedad.

| CH% | TEMPERATURA Bulbo seco | | TEMPERATURA Bulbo húmedo | | HR% | ECH% | ΔT | |
|-------|---------------------------|------|-----------------------------|------|------|------|------|------|
| | °F | °C | °F | °C | | | °F | °C |
| verde | 122,0 | 50,0 | 117,0 | 47,0 | 80,0 | 16,2 | 5,0 | 3,0 |
| 60 | 131,0 | 55,0 | 120,0 | 49,0 | 70,0 | 11,5 | 13,0 | 6,0 |
| 40 | 140,0 | 60,0 | 124,0 | 51,0 | 60,0 | 9,4 | 16,0 | 9,0 |
| 30 | 149,0 | 65,0 | 126,0 | 52,0 | 50,0 | 7,3 | 23,0 | 13,0 |
| 25 | 158,0 | 70,0 | 129,0 | 54,0 | 40,0 | 6,0 | 29,0 | 16,0 |
| 20 | 158,0 | 70,0 | 122,0 | 50,0 | 35,0 | 5,0 | 36,0 | 20,0 |

Tabla 3. Horario severo. Maderas que secan bien con temperatura inicial de 140 °F (60°C) y final de 176°F(80°C) llegando a 15 + o - 2% de humedad.

| CH% | TEMPERATURA Bulbo seco | | TEMPERATURA Bulbo húmedo | | HR% | ECH% | ΔT | |
|-------|---------------------------|------|-----------------------------|------|------|------|------|------|
| | °F | °C | °F | °C | | | °F | °C |
| Verde | 140,0 | 60,0 | 133,0 | 56,0 | 80,0 | 13,8 | 7,0 | 4,0 |
| 60 | 149,0 | 65,0 | 136,0 | 58,0 | 70,0 | 10,3 | 13,0 | 7,0 |
| 50 | 158,0 | 70,0 | 140,0 | 60,0 | 70,0 | 7,9 | 18,0 | 10,0 |
| 40 | 167,0 | 75,0 | 142,0 | 61,0 | 50,0 | 6,9 | 25,0 | 14,0 |
| 30 | 176,0 | 80,0 | 144,0 | 62,0 | 40,0 | 5,7 | 32,0 | 18,0 |
| 20 | 176,0 | 80,0 | 140,0 | 60,0 | 35,0 | 5,0 | 36,0 | 20,0 |

Además se realizó una evaluación de los defectos de las tablas después del proceso de secado, los cuales fueron; encorvadura, combado, abarquillado, torcedura y grietas superficiales, grietas en los extremos y rajaduras. Siguiendo lo estipulado por la norma (COPANT 746). Y se agrupó la madera seca en cuatro grupos, de acuerdo a la magnitud de los defectos. Esto se realizó tanto para las tablas secas al aire como en la cámara controlada.

Según la norma ICONTEC 1305, se agrupó la madera seca en cuatro clases, de acuerdo a la magnitud de los defectos que se presentaron. La clasificación se efectuó tanto para las tablas secas al aire como en cámara controlada, así :

Clase A: sin encorvadura, sin combado, sin abarquillado, sin torceduras y sin grietas.

Clase B:

Ecorvadura: hasta 20 mm por metro de longitud.

Combado: hasta 6 mm por metro de longitud.

Abarquillado: hasta 1 mm por 10 cm de ancho.

Torcedura: hasta 5 mm por metro de longitud.

Grietas : menor de 10 cm de longitud.

Torcedura: más 10 mm por metro de longitud.

$$\begin{array}{|c|} \hline \begin{array}{cc} X & \pm q \\ K & N \end{array} \\ \hline CVt \\ \hline \end{array}$$

Grietas: más de 25 cm de longitud.

Clase C:

Encorvadura: hasta 30 mm por metro de longitud.

Combado : hasta 10 mm por metro de longitud.

Abarquillado : hasta 2 mm por 10 cm de ancho

Torcedura : hasta 10 mm por metro de longitud.

Grietas : menor de 25 cm De longitud.

RESULTADOS Y ANALISIS

Propiedades físicas. Los resultados de las propiedades aparecen en Tabla 1, donde cada casilla esta representada así:

donde:

X: promedio de la especie.

$\pm q$: intervalo de confianza al 95%.

N: número de árboles analizados.

CVt: número de probetas analizadas.

Clase D:

Encorvadura: más de 30 mm por metro de longitud.

Combado: más de 10 mm por metro de longitud.

Abarquillado: más de 2 mm por 10 cm de ancho.

Tabla 4. Propiedades físicas de la madera de teca (*Tectona grandis L.f.*)

| ENSAYO | CONDICION | VALORES | | |
|------------------------|--------------|---------|-------|--------|
| CONTENIDO DE HUMEDAD % | VERDE | 92,67 | \pm | 5,08 |
| | | 10 | | 20 |
| | SECO AL AIRE | 10,78 | \pm | 11,7 2 |
| | | 10 | | 0,30 |
| | | | | 5,98 |
| PESO ESPECÍFICO g/cc | VERDE | 1,08 | \pm | 0,04 |
| | | 10 | | 20 |
| | SECO AL AIRE | 0,61 | \pm | 9,03 |
| | | 10 | | 0,02 |
| | ANHIDRO | 0,57 | \pm | 6,75 |
| | | 10 | | 0,02 |
| | | | | 6,15 |

| | | | | |
|---|--------------------|------------|------------|------------|
| | BASICO | 0,55 10 | ± 6,18 | 0,02 20 |
| | AJUSTADO AL 12% | 0,60 10 | ± 6,18 | 0,02 20 |
| CONTRACCIÓN NORMAL VERDE A SECO AL HORNO % | TANGENCIAL | 1,95 10 | ± 24,78 | 0,23 20 |
| | RADIAL | 0,96 10 | ± 37,77 | 0,17 20 |
| | LONGITUDINAL | 0,30 10 | ± 87,58 | 0,12 20 |
| | VOLUMETRICA | 2,89 10 | ± 23,21 | 0,31 20 |
| | TANGENCIAL | 3,92 10 | ± 19,68 | 0,36 20 |
| CONTRACCIÓN TOTAL VERDE A SECO AL HORNO % | RADIAL | 2,01 10 | ± 24,47 | 0,23 20 |
| | LONGITUDINAL | 0,54 10 | ± 65,7 | 0,17 20 |
| | VOLUMETRICA | 5,85 10 | ± 17,27 | 0,47 20 |
| | RELACIÓN T/R | 2,01 10 | ± 23,05 | 0,22 20 |

La madera de *Tectona grandis* L.f. se ubicó dentro del grupo de maderas medianamente pesadas. (Peso específico anhidro 0,56 - 0,75 g/cc).

En lo relacionado a las contracciones totales (verde a seco al horno), obtenidas para la teca y de acuerdo a los valores que señala la clave ya descrita; esta se clasifica como madera de contracción baja. Sumado a esto, la relación contracción tangencial/

contracción radial (T/R), su valor obtenido se clasifica como madera moderadamente estable. Por lo cual se deduce que la teca presenta una buena estabilidad dimensional.

Es importante anotar que al comparar estos resultados, con los estudios realizados en otros países (Tabla 5); no se presentan diferencias en ninguna de las propiedades físicas analizadas.

Tabla 5. Propiedades físicas de la madera de la teca (*Tectona grandis* L.f) de diferentes procedencias.

| Procedencia | Peso específico Anhidro (g/cm ³) | Contracción (%) de verde a seco al horno | | | |
|-------------|--|--|------------|--------------|-------------|
| | | Radial | Tangencial | Longitudinal | Volumétrica |
| Burma * | 0,58 | 2,3 | 4,2 | | 6,8 |
| Honduras** | 0,56 | 2,1 | 4,6 | 0,37 | 5,9 |
| India** | 0,59 | 2,3 | 4,8 | | 6,9 |
| Colombia*** | 0,57 | 2,5 | 4,2 | 0,34 | 7,0 |

* Dickinson *et al*, 1952

** Sekhar, 1966

*** Ríos, 1982.

Al analizar estos resultados, se evidencia la estrecha relación existente entre el mediano valor del peso específico obtenido y las propiedades mecánicas, el cual se convierte en un factor relevante en el estudio de estas; debido que en general los valores van

desde algo medianos a medianos. Al igual que las propiedades físicas; al comparar los resultados obtenidos en esta investigación, con los reportados en otros países (Tabla 7), no se presenta diferencia alguna.

PROPIEDADES MECÁNICAS**Tabla 6.** Propiedades mecánicas de la madera de la teca (*Tectona grandis*L.f).

| ENSAYO | | CONDICIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|---|----------------|------|----------------|--------------|----------------|------|
| | | VERDE | | CH % | SECO AL AIRE | | CH % |
| | Esfuerzo al límite proporcional (kg/cm ²) | 543,35 ± 37,00 | | 610,25 ± 40,48 | | 670 ± 52,36 | |
| | | 10 20 | | 10 20 | | 10 20 | |
| | | 14,55 | | 14,17 | | 16,69 | |
| Flexión Estática | Módulo de ruptura (kg/cm ²) | 767,71 ± 41,69 | 110 | 841,51 ± 51,15 | 14 | 905,11 ± 60,72 | |
| | | 10 20 | | 10 20 | | 10 20 | |
| | | 11,66 | | 13 | | 14,33 | |
| | Módulo de elasticidad (1000 kg/cm ²) | 99,72 ± 11,23 | | 100,09 ± 7,84 | | 104,38 ± 8,36 | |
| | | 10 20 | | 10 20 | | 10 20 | |
| | | 24,05 | | 16,74 | | 17,2 | |
| | Esfuerzo al límite proporcional (kg/cm ²) | 291,98 ± 22,39 | | 323,47 ± 18,67 | | 367,69 ± 21,32 | |
| | | 10 20 | | 10 20 | | 10 20 | |
| | | 16,38 | | 12,33 | | 12,39 | |
| Compresión Paralela a las fibras | Módulo de ruptura (kg/cm ²) | 335,92 ± 15,77 | 93,3 | 383,95 ± 29,19 | 14,9 | 444,17 ± 30,08 | |
| | | 10 20 | | 10 20 | | 10 20 | |
| | | 10,03 | | 16,24 | | 14,46 | |
| | Módulo de elasticidad (1000 kg/cm ²) | 115,92 ± 10,12 | | 129,74 ± 10,49 | | _____ | |
| | | 10 20 | | 10 20 | | _____ | |
| | | 18,74 | | 17,28 | | _____ | |
| Compresión Perpendicular a las fibras | Esfuerzo al límite Proporcional (kg/cm ²) | 68,00 ± 5,61 | | 77,68 ± 7,75 | | 86,31 ± 7,96 | |
| | | 10 20 | | 10 20 | | 10 20 | |
| | | 17,62 | 101 | 21,31 | 14,2 | 19,7 | |
| | Esfuerzo a 2,5 mm (kg/cm ²) | 112,02 ± 8,40 | | 140,06 ± 10,13 | | _____ | |
| | | 10 20 | | 10 20 | | _____ | |
| | | 16,02 | | 15,45 | | _____ | |

Continuación Tabla 6.

| ENSAYO | | CONDICIÓN | | | | |
|-------------|----------------------------------|----------------------------------|------|----------------------------------|------|----------------------------------|
| | | VERDE | CH % | SECO AL AIRE | CH % | AJUSTADO AL 12% |
| | Lados (kg) | 467,58 ± 41,67 10 20 20,96 | | 485,72 ± 40,02 10 20 17,6 | | 526,64 ± 43,51 10 20 17,65 |
| Dureza | Extremos (kg) | 471,78 ± 41,45 10 20 18,77 | 108 | 492,72 ± 28,67 10 20 12,43 | 15 | 558,87 ± 35,90 10 20 13,72 |
| | Radial (kg/cm ²) | 79,16 ± 5,49 10 20 14,81 | | 84,66 ± 7,34 10 20 18,51 | | 93,17 ± 8,15 10 20 18,68 |
| Cizalladura | Tangencial (kg/cm ²) | 103,71 ± 10,53 10 20 21,68 | 107 | 105,97 ± 13,02 10 20 26,24 | 14,8 | 114,46 ± 14,45 10 20 26,96 |
| | Promedio (kg/cm ²) | 91,44 ± 6,85 10 20 16,01 | | 95,32 ± 9,06 10 20 20,32 | | 103,81 ± 9,67 10 20 19,91 |
| | Extremos (kg) | 105,11 ± 6,76 10 20 13,74 | | 89,16 ± 7,70 10 20 18,45 | | _____ |
| Extremos de | Tangencial (kg) | 113,11 ± 6,33 10 20 11,9 | 111 | 98,74 ± 6,12 10 20 13,25 | 14,6 | _____ |
| Clavos | Radial (kg) | 129,56 ± 8,12 10 20 13,38 | | 114,39 ± 7,69 10 20 14,38 | | _____ |

Tabla 7. Propiedades mecánicas de la teca (*Tectona grandis* L.f) de diferentes procedencias.

| Origen | Flexión Estática | | | Compresión paralela al grano | | Compresión perpendicular al grano | | Dureza | | Cizalladura | Extracción de clavos | | |
|------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---|---------------------------|-------------|---------------|---|----------------------|--------------------------|----------------|
| | ELP kg/cm ² | MOR kg/cm ² | MOE 1000 kg/cm ² | ELP kg/cm ² | MOR kg/cm ² | MOE 1000 kg/cm ² | ELP kg/cm ² | Lados kg | Extrem. kg | Cara radial y tangencial Kg/cm ² | Cara radial kg | Cara tangencial kg | Extremos kg |
| Burma* | | | | | | | | | | | | | |
| Verde | 509,74 | 800,11 | 111,01 | 289,67 | 385,99 | 123,74 | 73,34 | 450,0 | 490,0 | 91,40 | | | |
| Seco al aire (CH:12%) | 573,72 | 968,15 | 117,42 | 364,20 | 528,72 | 105,46 | 83,77 | 505,0 | 550,0 | 95,62 | | | |
| Honduras* | | | | | | | | | | | | | |
| Verde | 433,10 | 698,87 | 94,92 | 278,42 | 336,08 | 94,92 | 90,70 | 570,0 | 645,0 | 121,63 | | | |
| Seco al aire (CH: 12%) | 592,70 | 935,81 | 97,73 | 372,64 | 476,0 | 106,17 | 94,21 | 570,0 | 555,0 | 112,49 | | | |
| Birmania* | | | | | | | | | | | | | |
| Verde | 520,99 | 930,87 | 104,06 | 92,48 | 359,28 | 111,09 | 72,42 | 445,0 | 460,0 | 104,76 | | | |
| Seco al aire (CH: 12%) | 573,72 | 930,87 | 104,76 | 364,20 | 471,77 | 105,46 | 83,77 | 475,0 | 540,0 | 97,03 | | | |
| India** | | | | | | | | | | | | | |
| Verde | 509,0 | 841,0 | 109,70 | 311,0 | 415,0 | 129,80 | 86,0 | 554,0 | 486,0 | 94,85 | | | |
| Seco al aire (CH: 12%) | 651,0 | 959,0 | 119,60 | 376,0 | 532,0 | 137,40 | 101,0 | 513,0 | 488,0 | 102,30 | | | |
| India*** | | | | | | | | | | | | | |
| Verde | | 772,0 | 106,17 | | 384,59 | | | 535,0 | | 75,23 | | | |
| Seco al aire (CH: 12%) | | 896,54 | 111,79 | | 499,89 | | | 515,0 | | 72,40 | | | |
| Honduras**** | | | | | | | | | | | | | |
| Verde | | 899,95 | 97,73 | | 499,89 | | | 535,0 | | 104,89 | | | |
| Seco al aire (CH: 12%) | | | | | | | | | | | | | |
| Colombia***** | | | | | | | | | | | | | |
| Verde | 554,62 | 779,72 | 97,05 | 253,99 | 361,30 | 137,28 | 62,68 | 486,45 | 442,65 | 103,33 | 115,38 | 115,38 | 86,04 |
| Seco al aire (CH: 12%) | 633,72 | 1005,87 | 108,17 | 335,51 | 458,10 | | 75,02 | 491,69 | 480,89 | 111,86 | 92,63 | 92,63 | 83,20 |

* Dickinson y Vangaard, 1952

** Sekhar, 1956

*** Kukachka, 1970

**** Longwood, 1961

***** Ríos, 1982

ELP: Esfuerzo en el límite proporcional

MOR: Módulo de ruptura.

MOE: Módulo de elasticidad.

TRABAJABILIDAD

Cepillado. Este ensayo mostró que los defectos más sobresalientes, fueron el grano arrancado, grano vellosos y grano en relieve.

- Grano arrancado. No presentó una diferencia significativa en ninguno de

sus factores, ni combinación de los mismos, como se observa en la Tabla 8.

Indica que la superficie, que se obtiene en *Tectona grandis* L.f.; para este defecto, es la misma en cualquier dirección, velocidad y orientación.

Tabla 8. Análisis estadístico, para el porcentaje de superficie excelente de grano arrancado en cepillado. Factorial 3x2x2 en diseño completamente al azar.

Análisis de varianza

| FUENTE DE VARIACIÓN | SC | GL | CM | F | NS |
|---------------------|-----------|-----|-----------|-------|--------|
| A: Orientación | 30.87917 | 2 | 15.43958 | 0.232 | 0.7395 |
| B: Dirección | 249.40833 | 1 | 249.40833 | 3.744 | 0.0556 |
| C: Velocidad | 19.20000 | 1 | 19.20000 | 0.288 | 0.5982 |
| Interacciones | | | | | |
| AB | 85.25417 | 2 | 42.62708 | 0.640 | 0.5293 |
| AC | 41.96250 | 2 | 20.98125 | 0.315 | 0.7305 |
| BC | 279.07500 | 1 | 279.07500 | 4.190 | 0.0431 |
| ABC | 4.08750 | 2 | 2.04375 | 0.031 | 0.9698 |
| Error | 7193.6000 | 108 | 66.607407 | | |
| Total(corregido) | 7193.6000 | 119 | | | |

Grano vellosos. El mayor porcentaje de superficie excelente, para la diferentes orientaciones sin diferencia alguna (radial, tangencial y oblicua); se obtienen, con la aplicación de la velocidad de alimentación de 7.5 m/min, y la dirección de entrada a favor del grano.

En lo relacionado a la interacción dirección-velocidad. Al analizar la comparación de sus promedios (Tabla 9), se puede observar que al mantener constante la velocidad de alimentación

de 7.5 m/min, no hay diferencia significativa, entre los resultados de las direcciones a favor y en contra del grano. No sucediendo lo mismo para la velocidad de 12 m/min.

- Grano en relieve. Mostró una marcada diferencia, en las velocidades de alimentación aplicadas, para cualquier dirección y orientación. Es así como la velocidad de 12m/min, exhibió muy bajos porcentajes de superficie excelente; lo cual no ocurre con la velocidad de 7.5 m/min, donde

el porcentaje de superficie excelente fue perfecto (Tabla 10).
total, arrojando una calidad de acabado

Tabla 9. Análisis estadístico para el porcentaje de superficie excelente de grano velloso en cepillado. Factorial 3x2x2 en diseño completamente al azar.

| Análisis de varianza | | | | | |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| FUENTE DE VARIACIÓN | SC | GL | CM | F | NS |
| A: Orientación | 1402.917 | 2 | 701.458 | 2.991 | 0.0544 |
| B: Dirección | 2210.208 | 1 | 2210.208 | 9.423* | 0.0027 |
| C: Velocidad | 13335.208 | 1 | 13335.208 | 56.852* | 0.0000 |
| Interacciones | | | | | |
| AB | 12.9167 | 2 | 6.4583 | 0.028 | 0.9728 |
| AC | 1102.9167 | 2 | 551.4583 | 2.351 | 0.1001 |
| BC | 1960.2083 | 1 | 1960.2083 | 8.357* | 0.0046 |
| ABC | 82.9167 | 2 | 41.4583 | 0.177 | 0.8382 |
| Error | 25332.500 | 108 | 234.56019 | | |
| Total (corregido) | 45439.792 | 119 | | | |

* Diferencia significativa.

Prueba de Duncan dirección del grano.

| NIVEL | No. de Datos | Promedio | Grupos Homogéneos |
|---|--------------|------------|-------------------|
| En contra del grano | 60 | 83.916667 | X |
| A favor del grano | 60 | 92.5000000 | X |
| Contraste | | | Diferencia |
| A favor del grano - En contra del grano | | | 8.58333* |

* Diferencia Significativa.

Continuación Tabla 9.

Prueba de Duncan velocidad de alimentación

| NIVEL | No. de Datos | Promedio | Grupos Homogéneos |
|------------------|--------------|-----------|-------------------|
| 12 m/min | 60 | 77.666667 | X |
| 7,5 m/min | 60 | 98.750000 | X |
| Contraste | | | Diferencia |
| 7.5 - 12 (m/min) | | | 21.0833 * |

* Diferencia Significativa.

Comparación entre la dirección y la velocidad

| Velocidad | Dirección | |
|-----------|-------------------|---------------------|
| | A favor del grano | En contra del grano |
| 7,5 m/min | 99.000000 | 98.500000 |
| 12 m/min | 86.000000 | 69.333333 |

Los valores unidos por líneas continuas no presentan diferencias significativas

Tabla 10. Análisis estadístico, para el porcentaje de superficie excelente de grano relieve en cepillado. Factorial 3x2x2 en diseño completamente al azar.

Análisis de varianza

| FUENTE DE VARIACIÓN | SC | GL | CM | F | NS |
|---------------------|-----------|-----|-----------|-----------|--------|
| A: Orientación | 342.92 | 2 | 171.46 | 1.173 | 0.3135 |
| B: Dirección | 91.88 | 1 | 91.88 | 0.628 | 0.4382 |
| C: Velocidad | 219735.21 | 1 | 219735 | 1502.701* | 0.0000 |
| Interacciones | | | | | |
| AB | 1021.2500 | 2 | 510.62500 | 3.492* | 0.0339 |
| AC | 342.9167 | 2 | 171.45833 | 1.173 | 0.3135 |
| BC | 91.8750 | 1 | 91.87500 | 0.628 | 0.4382 |
| ABC | 1021.2500 | 2 | 510.62500 | 2.492 | 0.0339 |
| Error | 15792.500 | 108 | 146.22685 | | |
| Total (corregido) | 238439.79 | 119 | | | |

*Diferencia significativa.

Continuación Tabla 10.

Prueba de Duncan velocidad de alimentación.

| NIVEL | No. de Datos | Promedio | Grupos Homogéneos |
|------------------|--------------|------------|-------------------|
| 12 m/min | 60 | 14,416667 | X |
| 7,5 m/min | 60 | 100,000000 | X |
| Contraste | | Diferencia | |
| 7.5 - 12 (m/min) | | 85.5833* | |

* Diferencia Significativa.

Comparación entre la dirección y la orientación

| Velocidad | Dirección | |
|------------|-------------------|---------------------|
| | A favor del grano | En contra del grano |
| Radial | 55.000000 | 59.000000 |
| Tangencial | 64.250000 | 54.500000 |
| Oblicua | 55.000000 | 55.500000 |

Los valores unidos por líneas continuas no presentan diferencias significativas

Evidenció diferencia significativa en la orientación tangencial, para las direcciones a favor del grano y en contra del grano, presentándose mayor calidad de acabado a favor del grano. Para las orientaciones radial y oblicua, no se presenta diferencia significativa, en relación a las direcciones.

Moldurado. Durante el moldurado se analizaron tres defectos grano arrancado, grano velloso y grano astillado.

- Grano arrancado. Se observó diferencia significativa para el factor de dirección, mostrando una mejor

respuesta en calidad de acabado, para la dirección a favor del grano (Tabla 11).

- Grano velloso. Evidenció solo diferencia significativa, entre las orientaciones radial - tangencial; mostrando los mejores resultados en la orientación tangencial. Para la zona de moldura, la prueba de Duncan mostró diferencia significativa entre la zona uno y dos, obteniéndose mejores calidades de acabado en la zona uno. (Tabla 12)

En la misma Tabla, se observa la comparación de promedios de la interacción orientación-zona de moldura;

donde se evidenció diferencia moldura. Mostrando en ambos casos significativa, en la orientaciones radial y mejores resultados en la zona de tangencial en relación con las zonas de moldura uno.

Tabla 11. Análisis estadístico, para el porcentaje de superficie excelente de grano arrancado en moldurado. Factorial 3x2 en diseño completamente al azar.

Análisis de varianza

| FUENTE DE VARIACIÓN | SC | GL | CM | F | NS |
|---------------------|-----------|----|-----------|--------|--------|
| A: Orientación | 83.33333 | 2 | 41.66667 | 0.888 | 0.4176 |
| B: Dirección | 281.66667 | 1 | 281.66667 | 6.000* | 0.076 |
| Interacciones | | | | | |
| AB | 93.333333 | 2 | 46.666667 | 0.994 | 0.3767 |
| Error | 2535.0000 | 54 | 46.944444 | | |
| Total(corregido) | 2993.3333 | 59 | | | |

* Diferencia significativa.

Prueba de Duncan dirección del grano

| NIVEL | No. de Datos | Promedio | Grupos Homogéneos |
|--|--------------|-----------|-------------------|
| En contra del grano | 30 | 92.500000 | X |
| A favor del grano | 30 | 96.833333 | X |
| Contraste | | | Diferencia |
| A favor del grano- En contra del grano | | | 4.33333* |

* Diferencia significativa

Tabla 12. Análisis estadístico para el porcentaje de superficie excelente de grano velloso en moldeado. Factorial 3x2x2 en diseño completamente al azar.**Análisis de varianza**

| FUENTE DE VARIACIÓN | SC | GL | CM | F | NS |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| A: Orientación | 1017.9167 | 2 | 508.9583 | 4.235* | 0.0170 |
| B: Dirección | 100.8333 | 1 | 100.8333 | 0.839 | 0.3715 |
| C: Zona | 3740.8333 | 1 | 3740.8333 | 31.126* | 0.0000 |
| Interacciones | | | | | |
| AB | 357.9167 | 2 | 178.95833 | 1.489 | 0.2302 |
| AC | 1250.4167 | 2 | 625.20833 | 5.202* | 0.0070 |
| BC | 270.0000 | 1 | 270.00000 | 2.247 | 0.1368 |
| ABC | 498.7500 | 2 | 249.37500 | 2.075 | 0.1305 |
| Error | 12980.000 | 108 | 120.18519 | | |
| Total (corregido) | 20216.667 | 119 | | | |

* Diferencia significativa.

Prueba de Duncan orientación de las probetas

| NIVEL | No. de Datos | Promedio | Grupos Homogéneos | |
|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------------|---|
| Radial | 40 | 88.000000 | X | |
| Tangencial | 40 | 95.125000 | X | X |
| Oblicua | 40 | 91.875000 | | X |
| Contraste | | Diferencia | | |
| Radial - Tangencial | | -7.12500* | | |
| Radial - Oblicua | | -3.87500 | | |
| Tangencial - Oblicua | | 3.25000 | | |

* Diferencia Significativa

Continuación Tabla 12.

Prueba de Duncan zona de moldura

| NIVEL | No. de Datos | Promedio | Grupos Homogéneos |
|----------|--------------|-----------|-------------------|
| Zona dos | 60 | 86.083333 | X |
| Zona uno | 60 | 97.250000 | X |

Contraste Diferencia

Zona uno-Zona dos 11.1667*

* Diferencia Significativa

Comparación entre la orientación de las probetas y la zona de moldura

| Orientación | Zona de moldura | |
|-------------|-----------------|-----------|
| | Zona uno | Zona dos |
| Radial | 98.000000 | 78.000000 |
| Tangencial | 99.500000 | 90.750000 |
| Oblicua | 94.250000 | 89.500000 |

Los valores unidos por líneas continuas no presentan diferencias significativas

- Grano astillado. Estadísticamente no se encontró diferencia significativa en ningún factor, ni en sus interacciones (Tabla 13).

brocas, capacidad que se incrementó al aumentar la velocidad de giro del taladro, obteniéndose así los mejores resultados (menor tiempo de penetración (Tabla 14).

Taladrado. La madera *Tectona grandis* L.f. fue fácilmente penetrada por las

Tabla 13. Análisis estadístico, para el porcentaje de superficie excelente de grano astillado en moldurado. Factorial 3x2x2 en diseño completamente al azar.

| Análisis de varianza | | | | | |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| FUENTE DE VARIACIÓN | SC | GL | CM | F | NS |
| A: Orientación | 42.916667 | 2 | 21.458333 | 1.411 | 0.2484 |
| B: Dirección | 5.208333 | 1 | 5.208333 | 0.342 | 0.5659 |
| C: Zona | 25.208333 | 1 | 25.208333 | 1.658 | 0.2007 |
| Interacciones | | | | | |
| AB | 27.916667 | 2 | 13.958333 | 0.918 | 0.4025 |
| AC | 27.916667 | 2 | 13.958333 | 0.918 | 0.4025 |
| BC | 1.8775000 | 1 | 1.875000 | 0.123 | 0.7299 |
| ABC | 16.250000 | 2 | 8.125000 | 0.534 | 0.5877 |
| Error | 1642.5000 | 108 | 15.208333 | | |
| Total (corregido) | 1789.7917 | 119 | | | |

* Diferencia significativa.

Tabla 14. Análisis estadístico, para el ensayo de taladrado. Factorial 3x2 en diseño completamente al azar para el tiempo de penetración en segundos.

| Análisis de varianza | | | | | |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| FUENTE DE VARIACIÓN | SC | GL | CM | F | NS |
| A: Orientación | 0.615213 | 2 | 0.307607 | 1.379 | 0.2607 |
| B: Velocidad | 56.434602 | 1 | 56.434602 | 252.911* | 0.0000 |
| Interacciones | | | | | |
| AB | 0.604933 | 2 | 0.0302467 | 0.136 | 0.8735 |
| Error | 12.049550 | 54 | 0.2231398 | | |
| Total (corregido) | 69.159858 | 59 | | | |

* Diferencia significativa.

Prueba de Duncan velocidad de alimentación

| NIVEL | No. de Datos | Promedio | Grupos Homogéneos |
|---------------------|---------------------|-----------------|--------------------------|
| 1000 r.p.m. | 30 | 1.6260000 | X |
| 500 r.p.m. | 30 | 3.5656667 | X |
| Contraste | | Diferencia | |
| 1000 - 500 (r.p.m.) | | 1.93967* | |

_ * Diferencia Significativa

Secado. La madera de *Tectona grandis* L.f comenzó con un contenido de humedad corregido promedio del 88,6% y a los 22 días, ya presentaba un contenido de humedad corregido promedio menor del 20%; hasta alcanzar en un tiempo efectivo de 57 días el 13,7% de contenido de humedad, como se observa en la Figura 1.

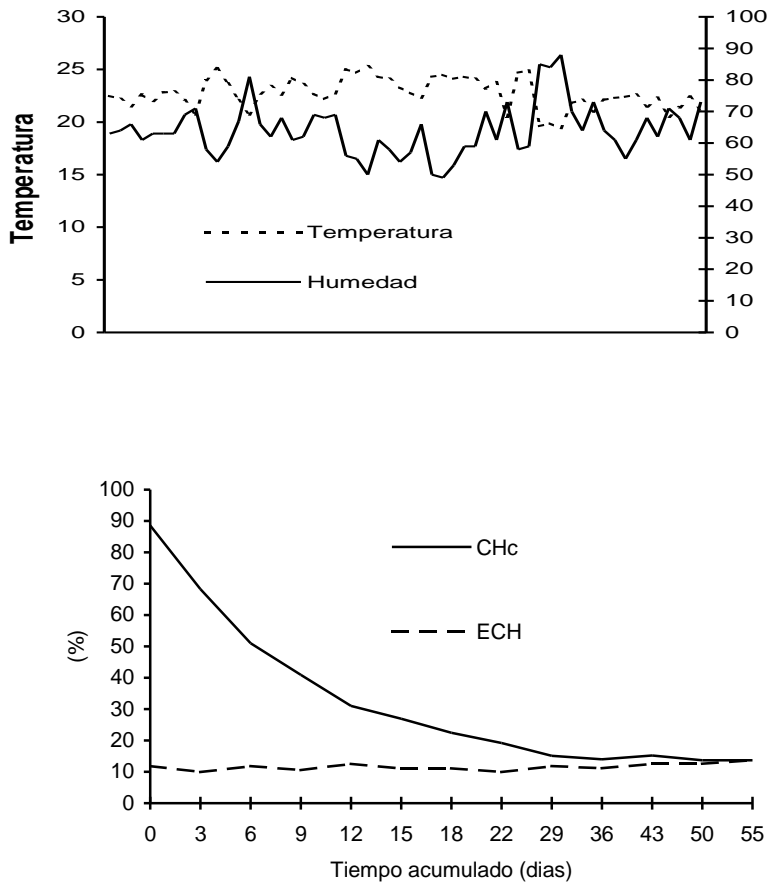


Figura 1. Velocidad del proceso de secado al aire.

Secado en cámara controlada

Horario de secado severo. La madera de *Tectona grandis* L.f entró a la cámara de secado con un contenido de humedad corregido promedio del 93%,

alcanzando al final del secado un contenido de humedad corregido promedio del 13 %; en un intervalo de tiempo de aproximadamente 4 días (96 horas), como se ilustra en la Figura 2.

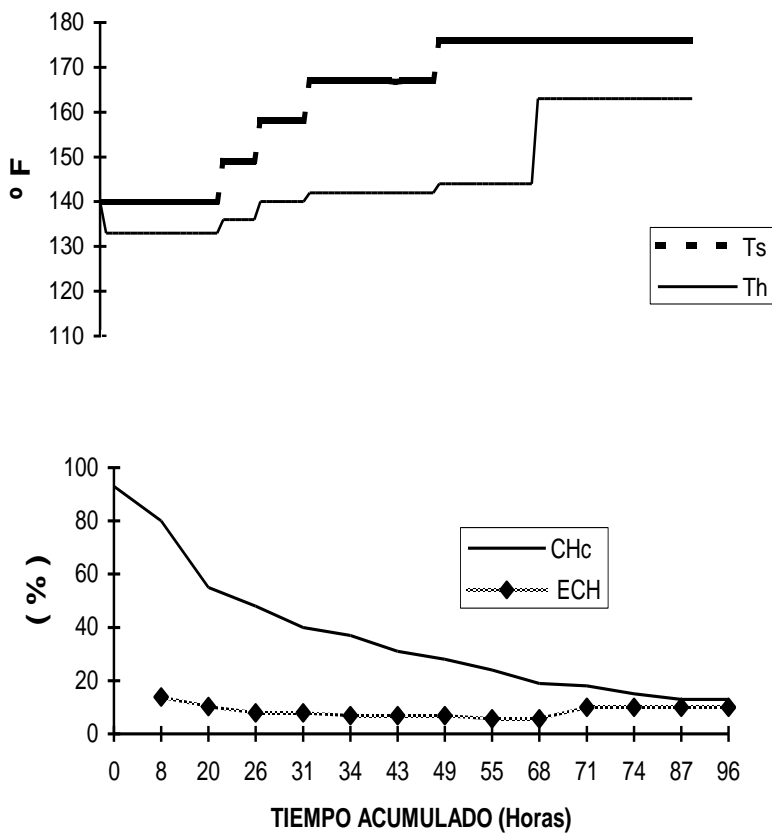


Figura 2. Velocidad del horario de secado severo.

Horario de secado moderado. La madera entró a la cámara de secado con un contenido de humedad corregido promedio final del 12%; el tiempo efectivo fue de 4,5 días (110 horas), como se ilustra en la Figura 3.

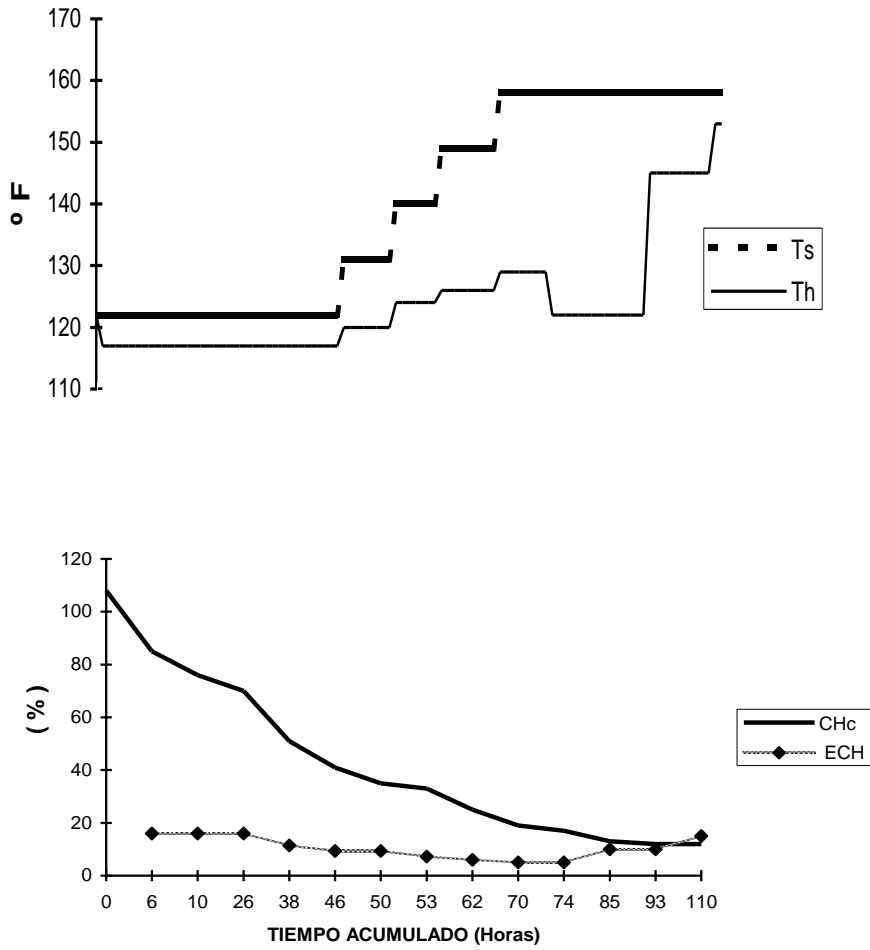


Figura 3. Velocidad del horario de secado moderado.

Horario de secado suave. La madera de *Tectona grandis* L.f entró a la cámara de secado con un contenido de humedad corregido promedio de 100%, alcanzando al final del proceso un contenido de humedad corregido promedio del 13%; en un intervalo de tiempo de 128 horas, aproximadamente 5,3 días (127 horas), como se observa en la Figura 4.

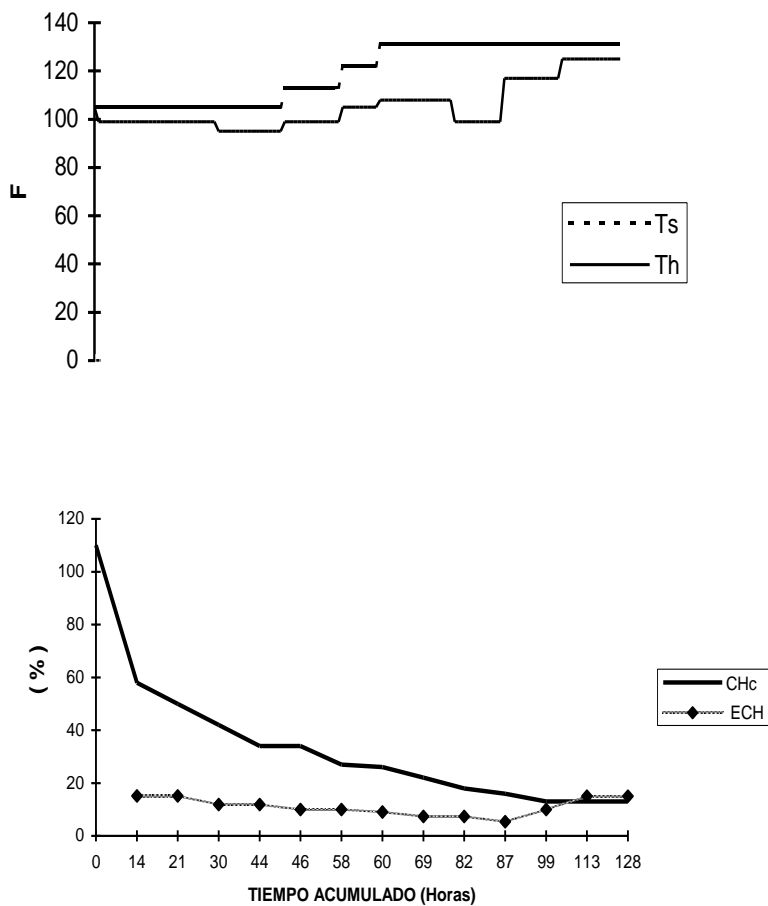


Figura 4. Velocidad del horario de secado suave.

Tabla 15. Resultados de las deformaciones encontradas en cada proceso de secado de la madera de teca (*Tectona grandis* L.f.).

| Tratamientos | Categoría (%) | | | |
|------------------|---------------|------|-----|---------|
| | A | C | D | Colapso |
| Secado al aire | 52,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Horario suave | 50,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Horario moderado | 44,4 | 8,9 | 0,0 | 26,6 |
| Horario severo | 38,9 | 16,6 | 1,1 | 4,0 |

Analizando los resultados obtenidos durante los diferentes procesos de secado; se tiene que la madera de ***Tectona grandis* L.f.**, presenta una mejor respuesta a los roces de secado al aire libre, y al horario de secado suave. En los cuales se presentaron las mejores calidades de material secado; obteniendo los mayores porcentajes en la categoría A, de cada deformación.

No sucediendo lo mismo, para los horarios de secado moderado y fuerte, los cuales debido a la presencia de tensiones internas detectadas mediante la prueba del tenedor; generadas por la pérdida rápida en el contenido de humedad de las capas más extremas, como consecuencia de las altas temperaturas y alta diferencia psicrométrica. Produjeron como resultado fenómenos de endurecimiento, grietas internas y colapso.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La contracción volumétrica total arrojó un valor bajo. La relación tangencial/radial presentada fue normal, lo cual permite concluir que la madera de teca presenta una buena estabilidad dimensional. La madera de teca

presentó una densidad anhidra de 0.56 gr/cm³ valor que la ubica en el grupo de maderas medianamente pesadas.

La madera de teca presentó una densidad anhidra de 0.56 gr/cm³ valor que la ubica en el grupo de maderas medianamente pesadas.

Al comparar estos resultados con los reportados en otros estudios, no presentan diferencia alguna. Luego, cualquier consideración que se tenga en cuenta al hacer uso de la madera de esta especie se puede hacer a partir de los datos de cualquiera de estos estudios.

El comportamiento mostrado por la madera de teca, en el estudio de trabajabilidad, permite recomendar, que para un maquinado en cepillado; utilizar tablas en cualquier orientación, en dirección a favor del grano y con velocidad de alimentación baja (7,5 m/min). En Moldurado; utilizar tablas en dirección a favor del grano, sin importar su orientación. En este ensayo los defectos presentados fueron en mínimo grado extensión. Y utilizar tablas en cualquier orientación, con altas velocidades del taladro.

La madera de teca, en términos generales es de fácil trabajabilidad, presentando un buen acabado al ser sometida a dichos procesos, sin embargo, es recomendable la aplicación de Carburo de Tungsteno a las cuchillas empleadas, con el fin de maximizar el tiempo, el rendimiento y la calidad del proceso.

La madera de esta especie presentó la mejor respuesta al proceso de secado al aire libre y al horario de secado suave, al obtener con estos, los mayores porcentajes de ocurrencia para cada deformación en la categoría A. logrando de esta forma un material seco final de buena calidad.

La respuesta a los horarios de secado moderado y severo evidenciaron presencia de colapso, endurecimientos y grietas internas. lo cual disminuyó la calidad del secado: por lo cual son descartados de plano para la madera de la especie en estudio.

De acuerdo a esta investigación, se deriva, que la madera de teca *Tectona grandis* L.f. en estudio, puede ser utilizada en la construcción de barcos(cubiertas, forros, armadura, quillas y otros elementos en contacto con el agua); para construcción, para uso exterior, para pisos, para pilotes marinos, para la fabricación de chapas y contrachapados, para líneas de transmisión, para carpintería y ebanistería, instrumentos musicales, fabricación de juguetes etc.

BIBLIOGRAFIA

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. D-1666-64. *En*: Annual book of

STM standards: designation. Philadelphia: The Society, 1975. p.459-485.

COMISIÓN PARAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. Normas panamericanas. Buenos Aires: COPANT, 1972. 584p.

DICKINSON *et al.* Properties and uses of tropical wood. *En*: Yale School Forestry Tropical Wood. No 95 (1949); 145 p Citado por: RÍOS R., Carlos A. Propiedades físicas y anatómicas de la Teca (*Tectona grandis* L.f) del departamento de Córdoba. Medellín. 1982. 78p.: il. Tesis (Ingeniero Forestal). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Agropecuarias.

GOMEZ L., Hernán. Estadística experimental con aplicaciones a las ciencias agrícolas. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 1989. 615 p.

HOHEISSEL, Hannes. Importancia del secado de la madera en su procesamiento industrial. JUNAC, 1987. 14p.

JUNAC. Manual del grupo andino para el secado de maderas. Lima: La Junta, 1989. 430p.

JUNAC. Normas técnicas de laboratorio del proyecto estudio integral de la madera para la construcción (II fase). Medellín: PADT-REFORT, 1983. 72p.

KUKARACHKA, F.B. Properties of tropical woods. *En*: USDA Forest Service. Research paper No. 125. F.L.P. Madison, Wis, USA 670. Citado por: RÍOS, Carlos A. Propiedades físicas y anatómicas de la teca (*Tectona grandis* L.f) del departamento de Córdoba. Medellín, 1982. 78p.:il. Tesis (Ingeniero Forestal). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

LONGWOOD, F.R. Puerto Recam woods. Their machinings, seasoning and related characteristics. *En*: USDA Forest Service Agriculture Handbook No. 205. 98p. Citado por: RÍOS, Carlos A. Propiedades físicas y anatómicas de la teca (*Tectona grandis* L.f) del departamento de Córdoba. Medellín, 1982. 78p.:il. Tesis (Ingeniero Forestal). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

SEKHAR, A.C. y RAWAT, N.A. A note on the physical and mechanical properties of *Dysoxpyros microphylla*. *En*: The Indian Forest. Vol. 92, No. 8 (1966). Citado por: RÍOS, Carlos A. Propiedades

Estudio de las propiedades....

físicas y anatómicas de la teca (*Tectona grandis* L.f) del departamento de Córdoba. Medellín, 1982. 78p.:il. Tesis (Ingeniero Forestal). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

RÍOS, Carlos A. Propiedades físicas y anatómicas de la teca (*Tectona grandis* L.f) del departamento

de Córdoba. Medellín, 1982. 78p. Tesis (Ingeniero Forestal). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

USDA. Forest Service. Forest product laboratory. Wood Handbook. Wood as engineering material. *En:* Agriculture Handbook. No. 125 (1970); 67p.