

# Comparación de la resistencia de comprensión en maderas nativas

## Comparison of the compression resistance in native woods

Yorlenis Sánchez<sup>1</sup>, Álvaro Gallardo<sup>1</sup>, Rodney Delgado<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Licenciatura en Ingeniería marítima Portuaria – Centro Regional de Coclé – Universidad Tecnológica de Panamá,

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias y Tecnología – Centro Regional de Coclé - Universidad Tecnológica de Panamá,

**Resumen** El ensayo de comprensión en un material consiste en una fuerza que se ejerce sobre un cuerpo para disminuir su volumen y medir su resistencia máxima a la deformación. En esta investigación se presenta un estudio sobre el comportamiento de seis especies diferentes de árboles maderables existentes en Panamá a ser sometidos al esfuerzo de comprensión paralela a las fibras, con el objetivo de determinar cuál es la especie con mayor resistencia a este tipo esfuerzo basándonos en ciertas características tales como la densidad y su contenido de humedad.

Para efectuar estos ensayos fue imprescindible la elaboración de seis probetas para cada especie a estudiar y apoyándonos en la norma americana ASTM-D143, logramos fijar las dimensiones mínimas necesarias para realizar el ensayo a comprensión paralela a las fibras.

Entre las especies que estudiamos están las siguientes: Roble, Cedro Amargo, Laurel, Corotú, Velario y Amarillo.

**Palabras claves** Compresión, densidad, madera, probeta.

**Abstract** The test of the compression is a material in a force that is exerted on a body to diminish its volume and to measure its maximum resistance to the deformation. This research presents a study about the behavior of 6 different species of timber trees in Panama to be subjected to the compression effort parallel to the fibers, in order to determine which species is the most resistant to this type of effort.

For the accomplishment of these tests it was essential to prepare 6 specimens for each species. A study and support in the American standard ASTM-D143 we were able to set the minimum dimensions necessary to carry out the test of parallel compression to the fibers.

Among the species we studied are the following: Roble, Cedro Amargo, Laurel, Corotu, Velario and Amarillo.

**Keywords** Compression, density, wood, probe.

---

\* Corresponding author: Rodney.delgado@utp.ac.pa

## 1. Introducción

La madera es un recurso renovable dotado de propiedades y características excelentes para usos estructurales.

Es una sustancia que se encuentra en el tronco de un árbol debajo de su corteza. Durante miles de años, la madera se ha utilizado como combustible y como material de construcción, ya que se obtiene de árboles y arbustos que presentan una estructura fibrilar. La notable variedad de propiedades físicas y mecánicas que posee la madera despierta nuestro interés para su estudio.

La madera es un material altamente anisotrópico por naturaleza, presenta diferentes comportamientos físicos y mecánicos a lo largo de tres direcciones distintas: axial, radial y tangencial. Es higroscópica, pierde y toma humedad de los cambios de humedad y temperatura atmosférica circundante

[1]. En el presente estudio nuestro objetivo es determinar qué especie de madera de las que seleccionamos presenta mayor resistencia al esfuerzo de comprensión paralela a las fibras.

## 2. Definiciones

### 2.1 Resistencia mecánica en la madera

El esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento se conoce como resistencia a la compresión. La resistencia a la compresión de los materiales que no se rompen al aplicarle este esfuerzo mecánico, se define como la cantidad de esfuerzo necesario para deformar el material siendo una cantidad arbitraria.

## 2.2 Propiedades mecánicas de la madera

Las propiedades mecánicas de la madera dependen grandemente de la cantidad de humedad y la dirección de las fibras. Cualquier irregularidad en la madera merma su resistencia, durabilidad o utilidad; los nudos, grietas, desprendimientos, putrefacción, grano transversal entre otras son algunas de las irregularidades que se pueden presentar.

## 2.3 Ensayos de compresión en madera

La orientación de las fibras que componen la madera da lugar a la anisotropía de su estructura, por lo que a la hora de definir sus propiedades mecánicas hay que tener en cuenta siempre la diferencia entre la dirección perpendicular y la dirección paralela a la fibra.

### 2.3.1 Compresión perpendicular a la fibra

La madera se comporta como una agrupación de fibras alargadas, al ejercer una presión perpendicular a su eje longitudinal; sus secciones transversales serán aplastadas y, en efecto, sufrirán reducción en sus dimensiones bajo esfuerzos suficientemente altos.

### 2.3.2 Compresión paralela a las fibras

Al realizar un ensayo de compresión en esta orientación las fibras recibirán la carga a través de su eje longitudinal. La ruptura frecuentemente ocurre debido al colapso de las fibras. Este tipo de compresión se ilustra a continuación. (Figura 1).

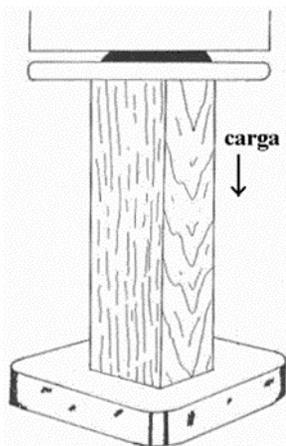


Figura 1. Probeta para ensayo de compresión paralela al grano.

## 2.4 Probetas para ensayos de materiales

En ciencia de materiales, una probeta es una pieza (generalmente de dimensiones normalizadas), constituida por un determinado material cuyas características se desean estudiar.

## 2.5 Norma utilizada para el ensayo de compresión de la madera

Normas como la ASTM-D143, definen los métodos de ensayos para determinar las propiedades mecánicas, incluyendo la resistencia a la compresión. Esto permite elegir la que mejor se adapte a las necesidades [2].

## 2.6 Factores que influyen en el estudio de las propiedades mecánicas de la madera

### 2.6.1 Contenido de humedad

El contenido de humedad en la madera afecta generalmente las propiedades mecánicas tales como la compresión paralela y la compresión perpendicular. Se considera madera seca a la que tiene un contenido de humedad igual o menor que 18%, y húmeda, a aquella cuyo contenido de humedad es superior a dicho valor. El valor máximo admisible se limita a 50%.

### 2.6.2 Densidad

La densidad indica la cantidad de sustancia celular presente en una unidad de volumen de madera. En ocasiones especies con madera densa presentan resistencias altas y maderas livianas resistencias bajas [3].

## 3. Metodología

Se seleccionaron 6 especies de árboles maderables procedentes de un taller de ebanistería: Laurel (*Cordia alliodora*), Corotú (*Enterolobium cyclocarpum*), Velario (*Virola sebifera*), Amarillo (*Terminalia amazonia*), Roble (*Tabebuia rosea*) y Cedro (*Cedrela odorata*).

### 3.1 Dimensiones y corte de la madera

La madera se caracteriza por la ubicación del corte, entre más cercana sea al centro más dura será la muestra y al contrario si es extraída con mayor cercanía a la corteza esta será mucho más blanda. Al tratarse de muestras obtenidas en un taller de ebanistería no se determinó con certeza la ubicación del corte en el tronco.

El tipo de corte que se utilizó para la investigación es tangencial a los anillos de crecimiento, es el más sencillo de realizar y utilizado comúnmente en talleres de ebanistería. (Figura 2).

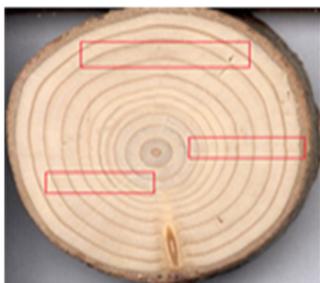


Figura 2. Corte utilizado para los ensayos.

### 3.2 Secado de la muestra

Para el secado de las probetas se utilizó el método gravimétrico, se trata de la diferencia de peso que tiene la madera en estado húmedo y en estado seco. Se procedió a colocar cada probeta en el horno (figura 3) para disminuir su contenido de humedad, estas permanecieron 24 horas a  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  utilizando el método ASTM D4442. Este método representa los procesos para evaluar el contenido de humedad de la madera especificando el tamaño, temperatura durante el ensayo [4].



Figura 3. Probetas en el horno. (Laboratorio de Suelos y Materiales, Universidad Tecnológica de Panamá, Centro Regional de Coclé).

Para el contenido de humedad se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$\text{Contenido de humedad verde } ((\text{PH}-\text{PS}) / \text{PS}) * 100 \quad (1)$$

$$\text{Contenido de humedad seca } ((\text{PH}-\text{PS}) / \text{PH}) * 100 \quad (2)$$

La densidad se calculó utilizando el volumen de las probetas de 2'' y su peso en kg.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (3)$$

Donde PH es el peso húmedo, PS es el peso seco, m la masa y v el volumen.

### 3.3 Ensayo a compresión

Los ensayos a compresión fueron realizados en el Centro Experimental de Ingeniería (CEI) de la Universidad Tecnológica de Panamá sede Tocumen, de las seis probetas que se cortaron se seleccionaron tres por cada especie. Se

registró una temperatura promedio de  $23^\circ\text{C}$  durante los ensayos.

## 4. Resultados

A continuación, mostramos los resultados obtenidos en cada una de las pruebas realizadas en nuestro estudio.

### 4.1 Porcentaje de humedad

Tabla 1. Porcentajes de humedad de las muestras en estado verde 2''x2''x2''

Especies	Contenido humedad verde (%)			promedio
	1	2	3	
Roble	17,31	17,30	17,08	17,23
Cedro	17,55	15,42	16,70	16,56
Laurel	49,07	66,03	54,08	56,39
Velario	19,69	17,52	18,61	18,61
Corotú	17,62	17,75	17,65	17,67
Amarillo	74,38	44,61	35,14	51,38

Tabla 2. Porcentajes de humedad de las muestras en estado seco 2''x2''x2''

Especies	Contenido humedad seco (%)			Promedio
	1	2	3	
Roble	14,76	14,75	14,59	14,70
Cedro	14,93	13,36	14,31	14,20
Laurel	32,92	39,77	35,10	35,93
Velario	16,45	14,90	15,69	15,68
Corotú	14,98	15,07	15,01	15,02
Amarillo	42,65	30,85	26,00	33,17

### 4.2 Densidades

Tabla 3. Densidad verde

Especies	Densidad verde g/cm3			Promedio
	1	2	3	
Roble	0,59	0,63	0,61	0,61
Cedro	0,63	0,68	0,62	0,65
Laurel	0,46	0,86	0,48	0,60
Velario	0,59	0,64	0,59	0,61
Corotú	0,52	0,56	0,53	0,53
Amarillo	0,80	0,77	0,59	0,72

Tabla 4. Densidad seca

Especies	Densidad seca g/cm3			Promedio
	1	2	3	
Roble	0,53	0,53	0,56	0,54
Cedro	0,57	0,59	0,56	0,57
Laurel	0,34	0,52	0,34	0,40
Velario	0,54	0,54	0,54	0,54
Corotú	0,47	0,47	0,46	0,46
Amarillo	0,47	0,53	0,45	0,48

### 4.3 Resultados obtenidos en el ensayo de compresión

Tabla 5. Carga máxima de la maquina

23.1°C	Carga máxima de la maquina (kN)			Promedio
	Especies	1	2	
Roble	120,00	111,30	94,70	108,67
Cedro	104,90	93,80	100,20	99,63
Laurel	57,20	95,70	59,10	70,67
Velario	83,20	83,30	83,00	83,17
Corotú	75,80	76,30	79,00	77,03
Amarillo	72,80	57,00	74,00	67,93



Figura 4. Aplicación de carga en una probeta.

Tabla 6. Ensayo de compresión

23.1°C	Esfuerzo de compresión psi(lb/plg <sup>2</sup> )			Promedio
	Especies	1	2	
Roble	6688,90	6203,96	5244,39	6045,75
Cedro	5752,16	5164,97	5553,22	5490,12
Laurel	3226,82	5352,91	3294,28	3958,01
Velario	4550,20	4550,52	4540,98	4547,23
Corotú	4228,41	4166,56	4467,05	4287,34
Amarillo	4163,54	3249,67	4210,59	3874,60

## 5. Análisis y resultados

Luego de obtener los resultados de las pruebas de humedad los promedios facilitan la clasificación de estas especies en maderas húmedas y maderas secas.

Maderas secas: basándonos en los resultados obtenidos en la tabla 2, En esta clasificación tenemos a las siguientes especies: Corotú, Velario, Cedro y el Roble.

Maderas húmedas: Entre estas tenemos el Laurel y el Amarillo, especies que obtuvieron un porcentaje bastante alto en comparación con las demás especies. La causa de la diferencia en el porcentaje de humedad del Laurel y el Amarillo en comparación con el resto de las especies es variada debido a la anisotropía de la madera. Estas dos especies pudieron estar mayormente expuestas a la humedad

antes de ser seleccionadas o quizás sus cortes eran más recientes.

La tabla 3 nos muestra la densidad de las especies en estado verde, el Amarillo es aquella que posee mayor promedio, por otro lado, el Corotú aparenta ser la especie con menor densidad. A realizar la comparación con los valores obtenidos en la tabla 4 estas condiciones cambian. El Cedro resulta ser la madera de mayor densidad entre las especies estudiadas, el Roble y el Velario comparten una segunda posición mientras que el Amarillo, el Corotú y el Laurel ocupan respectivamente el resto de las posiciones.

En la tabla 5 se presenta la carga que se aplicó en cada una de las probetas. En esta ocasión el Roble resultó la madera que más carga soportó, seguidamente por el Cedro con muy poco margen de diferencia, luego el Velario, Corotú, seguidamente del Laurel y por último el Amarillo. Si relacionamos estos resultados con los obtenidos en la prueba de densidad seca estas tres especies componen las últimas posiciones en cuanto a promedios.

El esfuerzo de compresión se calculó con la siguiente ecuación:

$$\sigma = (\text{carga máxima lb}) / (\text{área transversal (plg}^2)) \quad (4)$$

Las resistencias al esfuerzo de compresión se muestran en la tabla 6, esta depende directamente de los valores obtenidos en la tabla 5. De las especies maderables estudiadas, el Roble es la que posee mayor resistencia a la compresión y en segundo lugar se ubica el Cedro a pesar que es la especie de mayor densidad, por último, se encuentra el amarillo.

Se cortaron 6 probetas para cada especie, tanto para el ensayo de compresión como para la prueba de humedad. A continuación se procedió a medir sus masas y longitudes para luego calcular su volumen y el área transversal de cada probeta. De estas mediciones se extrajo un valor promedio para cada espécimen.

## 6. Conclusión

Podemos concluir lo siguiente:

La resistencia a la compresión de la madera está estrechamente relacionada a la densidad y al contenido de humedad, corroboramos que las especies que presentan menor resistencia a la compresión fueron aquellas que obtuvieron menor porcentaje en la prueba de densidad. Es importante resaltar que existen otros factores que pueden ocasionar variaciones en la resistencia de este material.

A las especies que obtuvieron mayor resistencia en nuestra investigación les podemos dar las siguientes aplicaciones:

Especies maderables tales como el Cedro y Roble al poseer alta resistencia a la humedad se pueden utilizar para la

elaboración de vigas y columnas ya que soportan gran cantidad de cargas.

En cambio, las de bajas resistencias se pueden utilizar en la elaboración de muebles, instrumentos musicales, entre otras aplicaciones que no requieran condiciones de esfuerzos.

Los valores obtenidos en nuestra investigación pueden ser reforzados en futuras estudios añadiéndoles factores tales como la ubicación del corte, procedencia del árbol, edad, entre otras.

## **REFERENCIAS**

- [1]. Dra. Silvia Monteolivia, Xilotecología, Unidad 1: La Madera: La Madera y productos forestales. 2009.
- [2] Norma Americana ASTM-D143-09.
- [3] Evaluación de Propiedades Físicas y Mecánicas de madera de *Nothofagus glauca*, Paola Patricia Díaz Méndez, Talca-Chile 2005.
- [4]. Lessing Hoyos I, Secado de la Madera, Enfoque en 3ds, Santa Cruz de la Sierra, febrero del 2010.