



## **Análisis de la estructura físico-mecánica de muebles a base de tablero de fibras de densidad media y madera contrachapada**

### **Analysis of the physical-mechanical structure of furniture based on medium density fibreboard and laminated wood**

**Amanda Álvarez Camero<sup>1</sup>, Damián Guerra Castellón<sup>2</sup>, Daniel Álvarez Lazo<sup>3</sup>, Beatriz Rivero Terrero<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Estudiante Ingeniería Forestal, Universidad de Pinar del Río.  
amanda.24@nauta.com.cu

<sup>2</sup>Ing. MsC. Profesor Universidad de Pinar del Río. Faculta Ciencias Forestales y Agropecuarias.

<sup>3</sup>Ing. Doctor en Ciencias Técnicas. Profesor Investigador Universidad de Pinar del Río. Facultad de Ciencias Forestales y Agropecuarias.

**Recibido:** 24 de enero 2019

**Aprobado:** 02 de mayo 2019

#### **RESUMEN**

Resulta de vital importancia la determinación del comportamiento físico-mecánico, en general, de cualquier pieza sobre la cual se ejercen distintas fuerzas; esto permite evaluar y predecir la resistencia, dureza, durabilidad, entre otros aspectos, que inciden sobre la calidad de productos terminados. La investigación parte de la toma de muestras en paneles aglomerados de fibra de densidad media y maderas laminadas contrachapadas en el taller perteneciente al Fondo de Bienes Culturales, de la provincia de Pinar del Río. Para ello, se tomaron probetas de los diferentes tipos de paneles que se utilizan para determinar, por su consistencia y naturaleza de sus compuestos, cuál es el más resistente tanto en el comportamiento físico, a

#### **ABSTRACT**

It is vitally important to determine the physical-mechanical behavior in general of any piece on which different forces are exerted, this allows to evaluate and predict the resistance, hardness, durability, among other aspects that affect the quality of finished products. The investigation starts from the sampling of panels of medium density fiberboard, agglomerates and laminated plywood in the workshop belonging to the Cultural Assets Fund of the province of Pinar del Río. For this, test tubes of the different types of panels were used, which are used to determine, by their consistency and nature of their compounds, which is the most resistant both in the physical behavior from extreme conditions of humidity and heat, as well as mechanical resistance under

partir de condiciones extremas de humedad y calor, como a resistencia mecánica bajo impactos constantes o continuos. Se tomaron 30 probetas bajo las normas establecidas para la determinación de las diferentes propiedades físicas y mecánicas. Las propiedades físicas que se determinan son la contracción volumétrica y la densidad, las que realizan en laboratorios de la universidad de Pinar del Río. En el caso del comportamiento mecánico, se realizó compresión paralela y flexión estática. Pudo determinarse que, en cuanto a los valores de compresión, las probetas denominadas MDF son las que presentan menor resistencia con valor de 66.7 kg/cm<sup>2</sup>, le sigue formica 80.1 kg/cm<sup>2</sup> y contrachapado 87 kg/cm<sup>2</sup>. Para el caso de la resistencia a la flexión estática, la madera contrachapada es la que mejor respuesta presenta 166 Kg/cm<sup>3</sup>.

**Palabras clave:** MDF; contrachapado; propiedades físico-mecánicas.

---

constant or continuous impacts. 30 test tubes were taken under the established norms for the determination of the different physical and mechanical properties. The physical properties that are determined are volumetric contraction and density, carried out in laboratories of the University of Pinar del Río. In the case of mechanical behavior, parallel compression and static flexion were performed. It could be determined that in terms of compression values, the specimens denominated MDF are the ones with the least resistance with a value of 66.7 kg / cm<sup>2</sup>, followed by formica 80.1 kg / cm<sup>2</sup> and plywood 87 kg / cm<sup>2</sup>. In the case of resistance to static bending, plywood is the one with the best response 166 Kg / cm<sup>3</sup>.

**Key words:** MDF; plywood; physical-mechanical properties.

---

## INTRODUCCIÓN

Los productos derivados de madera son una propuesta interesante en la ampliación de los materiales que son empleados en la industria de la construcción civil, de muebles y otros usos. Entre los productos derivados de madera, se destacan los tableros de fibra de media densidad (Medium Density Fiberboard-MDF), un producto que ofrece buena condición de trabajo y que ha llegado a consolidarse en la industria de muebles en todo el mundo por su naturaleza en base a fibras de madera, razón por la cual es considerado un producto ecológicamente amigable.

Gracias a su versatilidad, es el material preferido para la fabricación de muebles, ya que aúna resistencia y la posibilidad de utilizar una amplia variedad de formas, acabados y texturas. El hecho de que el MDF esté disponible en grandes formatos y en diversos espesores es una ventaja que se puede aprovechar en la fabricación de muebles de diseño

moderno; así, con el apoyo de una fresadora, se puede dar forma y modelar fácilmente los cantos y las superficies del tablero para crear efectos geométricos especiales.

Gracias a su estabilidad dimensional y a sus características mecánicas, el MDF también es especialmente adecuado para la fabricación de muebles con requisitos especiales de deflexión de estanterías, como aparadores y librerías. La facilidad relativa con la que se pueden cortar formas circulares y elípticas en los tableros de MDF, sin necesidad de recurrir a difíciles operaciones de remates con madera, hace que este material sea una buena elección para tableros de mesas y muebles de formas arriesgadas. En muchos modelos de muebles, los soportes de las mesas (bases y pies) también están hechos con tableros de MDF y se les puede dar forma, gracias a las propiedades de este material.

El hecho de estar fabricado, a partir de fibras de muy reducido tamaño, prácticamente polvo, permite que pueda ser tallada o fresada de manera similar a la madera maciza, lo que le ofrece ventajas a la misma, en cuanto a su precio, mucho más competitivo. Es válido aclarar que la superficie de este tipo de madera es ideal para la utilización de pinturas y barnices, sin embargo, para conseguir un acabado perfecto es preferible utilizar pinturas a base de disolventes, en lugar de pinturas al agua, pues se obtiene el mismo resultado en todas las direcciones, al no existir grano.

Es también un excelente soporte para chapas de madera, con las que se consigue una apariencia de madera maciza, esto se debe, por un lado, a su uniforme superficie y también al excelente comportamiento que tienen los adhesivos y colas sobre esta.

Sin embargo, a la par, con todo lo antes expuesto, la industria de los tableros de madera ha tenido un importante desarrollo como resultado del rápido incremento de la demanda de sus productos en los últimos años; esto se debe principalmente a la diversidad de usos que se les puede dar a los tableros, sobre todo, en la industria de la construcción y mueblería.

No obstante, esta industria enfrenta actualmente una fuerte competencia, tanto por la materia prima maderable como por el mercado de sus productos. Además, las políticas vigentes de apertura comercial hacen que las perspectivas de mercado sean un tanto inciertas para los productos de la industria forestal y, en particular, para la industria de los tableros de madera, los cuales se obtienen encolando chapas de madera de forma que las fibras de las chapas consecutivas forman un ángulo determinado, generalmente recto, con el objetivo de equilibrar el tablero, el cual debe poseer un número impar de chapas o capas con el fin de equilibrar el tablero por la simetría de la sección. La principal debilidad que presentan es que las piezas de muebles, a base de tableros MDF y madera contrachapada, presentan bajas demandas por la poca durabilidad que

presentan. Por la razón planteada anteriormente, se decidió determinar el comportamiento físico-mecánico de los tableros MDF y madera contrachapada de láminas.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La investigación parte de la toma de muestras en paneles de fibra de densidad media, aglomerados y madera laminadas contrachapadas en el taller perteneciente al Fondo de Bienes Culturales de la provincia de Pinar del Río. La principal línea de producción de este es la confección de muebles u otros derivados de madera laminada y paneles de fibra. Se tomaron, 30 probetas bajo las normas establecidas para la determinación de las diferentes propiedades físicas y mecánicas.

Las propiedades físicas que se determinan son la contracción volumétrica y la densidad, las que se realizan en los laboratorios de la universidad de Pinar del Río. En el caso del comportamiento mecánico, se realizó compresión paralela y flexión estática en el laboratorio de la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas (ENIA).

Las probetas para la realización de los ensayos, con métodos destructivos de la madera, fueron confeccionadas en el taller perteneciente al Fondo Cubano de Bienes Culturales en la provincia de Pinar del Río, las que presentaron dimensiones de 2x2x10 cm. para el caso de la determinación de la densidad y contracción; en el caso de las propiedades físicas bajo la norma NC-43-37-87; así también para la compresión con la norma ISO 3787 e ISO 3132, las cuales presentan las mismas dimensiones de probetas, 2x2x5 cm.

### **Metodología para determinar las propiedades físicas y mecánicas**

La compresión paralela no es más que la resistencia debido a la acción de una fuerza con tendencia a comprimir el prisma de madera, acortándose su longitud y aumentando su sección transversal.

La aplicación de la carga se hace sobre las bases del prisma, es decir, sobre las caras (2x 2) de forma continua y a todo lo largo del ensayo.

El módulo de ruptura por compresión paralela se determina aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{MOR} = P/S \quad (1) \quad \text{UM} = \text{Kg/cm}^2$$

Siendo P= Carga máxima (Kg)

S=superficie de sección transversal

Flexión estática. Resistencia (F) a la flexión es la que opone un material a la acción del momento de una fuerza que lo curva.Álvarez, 2013.

La probeta se coloca entre dos soportes y se aplica la carga en el centro de la luz.

La resistencia a la flexión (Módulo de ruptura) se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$F \text{ Max} = \frac{3 P L}{2 b h^3} \quad (3) \quad \text{UM} \text{ Kg/cm}^2$$

2 b h l

Siendo:

F =Carga máxima rotura (MOR)

L= luz entre soportes (25 cm)

P = Carga de rotura (Kg)

b = ancho de la probeta (cm)

h= dirección radial (cm).

Se trabajó en otros métodos para reducir las tensiones de crecimientos y deformaciones de la madera por tal efecto, así como en otras propiedades importantes también para la fabricación de muebles, basados en otras investigaciones.

Densidad

La densidad se define como la relación entre la masa y el volumen. La densidad se determinó a partir del peso seco al aire, probetas de 2\*2\*5 cm., durante un mes, expuestas en condiciones normales de almacenamiento.

Determinación:

$$D = m/v \quad (4) \quad \text{UM: g/cm}^3$$

Kg/m<sup>3</sup>

Dónde: m = masa probeta

v = volumen

Contracción: Porcentaje de pérdida de dimensiones al pasar del estado de saturación al anhidro. Variación de las dimensiones de la madera y su volumen cuando el estado de humedad cambia.

Contracción Volumétrica Total

$$B = \frac{V_s - V}{V_o} \times 100 = \% \quad (5)$$

Donde: B: contracción Volumétrica total

V<sub>s</sub>= volumen en estado verde

V<sub>o</sub>= volumen en estado anhidro

Para validar los resultados obtenidos, se utilizó el software SPSS IBM ver. 21 para Windows. Se tuvieron en cuenta variables, acorde a la investigación, como son las propiedades mecánicas y demás. Este software permite hacer comparaciones de medias y graficar según los resultados. Los análisis realizados para el comportamiento de las variables han sido estadísticos, descriptivos, prueba de normalidad, homocedasticidad y correlación.

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### Análisis del comportamiento físico de las probetas

El comportamiento físico-mecánico, en general, de cualquier pieza sobre la cual se ejercen distintas fuerzas es de vital importancia, su determinación permite evaluar y predecir la resistencia, dureza, durabilidad, entre otros aspectos que inciden sobre la calidad de productos terminados, (Guerra, 2019).

Las piezas a base de paneles MDF y MDP tienden a presentar una baja densidad, debido a la naturaleza de los productos que los componen; en varios casos, estos productos son aserrín prensado de baja densidad con aglomerantes de igual naturaleza, cubiertos con láminas de

madera en algunos casos y, en otros, con formica o material impreso plasticado.

Luego de observar la descripción de las variables, se realiza la prueba de normalidad para determinar el tipo de análisis a realizar; si son pruebas paramétricas o no paramétricas para determinar las diferencias que puedan existir entre los diferentes materiales analizados.

Según los resultados obtenidos de la prueba de normalidad (tabla 1), teniendo en cuenta que se trabaja con 30 probetas, se utiliza el análisis de Shapiro-Wilk. Todas las probetas presentan supuesto de normalidad, excepto las probetas MDF en la propiedad densidad húmeda; resultados similares obtuvo Castellanos et al. (2012).

**Tabla1** - Prueba de normalidad

Probeta		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Densidad Húmeda	Formica	.166	10	.200*	.937	10	.520
	MDF	.312	10	.007	.777	10	.008
	Contrachapado	.172	10	.200*	.917	10	.330
Densidad Normal	Formica	.116	10	.200*	.966	10	.854
	MDF	.176	10	.200*	.943	10	.584
	Contrachapado	.117	10	.200*	.942	10	.578
Contracción	Formica	.212	10	.200*	.913	10	.305
	MDF	.141	10	.200*	.926	10	.413
	Contrachapado	.186	10	.200*	.930	10	.446

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

### Comportamiento de la densidad

Se determina la homocedasticidad u homogeneidad de varianzas para realizar comparaciones entre las diferentes probetas, en función de la naturaleza del compuesto de las mismas para la propiedad densidad normal. Esta es una de las pruebas paramétricas:

comparación de medias, Anova de un factor.

Cumpléndose el supuesto de homogeneidad de varianzas,  $p > 0.05$ , se realiza la prueba Anova para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas.

**Tabla 2-** Anova de un factor

**ANOVA**

Densidad Normal

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.171	2	.086	91.814	.000
Within Groups	.025	27	.001		
Total	.197	29			

La tabla anterior muestra que existen diferencias estadísticamente significativas entre las probetas de los diferentes tipos, por lo que se realiza el análisis de Tukey para definir donde se

encuentran las diferencias. En el primer grupo, se encuentran, con menor densidad, las probetas contrachapadas y, en un segundo grupo, las de MDF y formica respectivamente.

**Tabla 3-** Comparación de medias

**Densidad Normal**

Probeta	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Tukey B <sup>a</sup> Contrachapado	10	.564000	
MDF	10		.718000
Formica	10		.730000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

Las láminas contrachapadas tienen dimensiones más pequeñas que los otros dos tipos de paneles, por lo que en estado normal la densidad es más pequeña, coincidiendo con valores para ambos casos, obtenidos por Vignote (2016).

La densidad húmeda muestra que no existen diferencias entre las probetas; anteriormente, cuando se hacía el análisis de la densidad normal, las probetas de madera contrachapadas presentaban el menor valor, explicado esto por las dimensiones de la misma y la naturaleza porosa de las especies que la componen, (Castellanos, 2013). Sin embargo, a la hora de la absorción de humedad, todas las probetas, teniendo en cuenta sus dimensiones, son capaces de retener gran contenido de humedad. En el caso de la investigación, la formica presenta un valor medio de 0.96 g/cm<sup>3</sup>, MDF 0.97 g/cm<sup>3</sup> y la madera

contrachapada 0.92 g/cm<sup>3</sup>. Según Sotomayor y Ramírez (2015), en el caso de los aglomerados, su composición contiene una proporción importante de adhesivo, sustancia repelente al agua, además de que las partículas de madera están mecánicamente comprimidas de tal forma, que es difícil que retengan humedad. En el caso de los contrachapados y enlistonados, la cantidad de materia leñosa de chapas y listones de madera, con capacidad para retener humedad, representa una proporción importante en relación con la masa del pegamento de tal forma, que estos tableros pueden retener más humedad comparativamente con los tableros aglomerados.

La densidad, como parámetro intensivo, representa la combinación del peso de los diferentes materiales de que está compuesto el tablero; en este caso, madera en forma de partículas, chapas

y/o listones de madera, más el adhesivo y los aditivos, en relación con su volumen.

Según Sotomayor y Ramírez (2015), para el caso de los tableros aglomerados, el porcentaje del peso, correspondiente al adhesivo y el endurecedor, puede representar hasta el 24 % del peso del material fibroso (Sotomayor-Castellanos *et al.* 2006). Para los tableros contrachapados y enlistonados, la proporción en peso de adhesivo y aditivo varían de acuerdo con el número y acomodo de las chapas y/o listones del tablero, lo cual resulta en la cantidad de superficie de contacto entre los componentes de la estructura interna de los tableros, los cuales es necesario adherir. Coincidiendo con Smulski (1997), cuando se diseña un producto o se calcula un componente estructural con madera reconstituida, es recomendable considerar una densidad diferente para cada tipo de tablero.

### Comportamiento de la contracción volumétrica

En función de la naturaleza higroscópica de la madera y, en particular, de las diferentes láminas a las cuales se les hace la investigación, se realiza el análisis de contracción para ver cuánto es capaz de deformarse la madera bajo condiciones críticas de humedad.

Se tiene que  $p < 0.05$ , por lo que no se cumple el supuesto de homogeneidad u homocedasticidad, teniendo que realizar análisis que no incluyan homogeneidad de varianzas.

La tabla 4 muestra un análisis de comparación de medias para la contracción volumétrica en Anova, de un factor que posee diferencias estadísticamente significativas entre los valores que toma cada una de las probetas, según las características de las mismas.

**Tabla 4-** Anova de un factor

#### ANOVA

Contracción					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	13297.607	2	6648.804	2508.072	.000
Within Groups	71.576	27	2.651		
Total	13369.183	29			

El análisis de Tamhane para varianzas que cada material presenta niveles desiguales muestra que en los valores de contracción difieren las medias, por lo desiguales de contracción.

**Tabla 5-** Análisis de Tamhane

#### Multiple Comparisons

Dependent Variable: Contracción

(I) Probeta	(J) Probeta	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
					Lower Bound	Upper Bound	
Tamhane	Formica	MDF	33.1945322*	.8771606	.000	30.768954	35.620110
		Contrachapado	50.7766948*	.8233198	.000	48.408342	53.145047
	MDF	Formica	-33.1945322*	.8771606	.000	-35.620110	-30.768954
		Contrachapado	17.5821626*	.3785641	.000	16.543472	18.620853
Contrachapado	Formica	-50.7766948*	.8233198	.000	-53.145047	-48.408342	
	MDF	-17.5821626*	.3785641	.000	-18.620853	-16.543472	

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Dentro de los materiales utilizados, quien menor valor de contracción presenta es la madera contrachapada con 8.6 %, considerándose como baja, luego el material MDF con 26.9% y la formica con el 56.4%. Pasa algo bien interesante, las probetas definidas como base de madera o MDF sufrieron una deformación de extensión por uno de sus lados, debido a la separación de las fibras por la absorción de humedad.

### **Análisis del comportamiento mecánico de las probetas**

La caracterización mecánica de tableros de madera presenta, entre otras dificultades, la variación en los valores de los parámetros empleados en Diseño e Ingeniería de la Madera. Además de la variabilidad natural de la especie botánica, a partir de la cual está confeccionada, las características tecnológicas de los tableros dependen, por una parte, de los diferentes niveles de tecnología empleados para su fabricación y, por otra, de la calidad del adhesivo empleado para consolidar su forma e incrementar su rigidez (Peraza et al. 2004). En consecuencia, para tableros de madera, con calidad y clasificación comercial similares, se encuentran valores de resistencia mecánica muy diferentes.

La madera sometida a cargas tiene un comportamiento denominado viscoelástico, es decir, ante una carga inferior al límite elástico se deforma, perdiendo la deformación cuando cesa la carga. La diferencia respecto a otro tipo de material elástico es que, en el caso de la madera, la deformación ante una cierta carga aumenta con el tiempo.

En lo que respecta a los valores de resistencia, la madera es un material relativamente resistente en dirección longitudinal, mientras que, en dirección transversal, su resistencia es muy pequeña.

Las principales características en cuanto a propiedades mecánicas de la madera son:

- Elevada resistencia a la flexión, sobre todo en relación con el peso (la relación resistencia/peso supera 1,5 veces la del acero y 10 veces la del hormigón).

- Buena capacidad de resistencia a la tracción y a la compresión, paralelas a la fibra.

- Escasa resistencia cortante. Esta limitación se presenta también en el hormigón, pero no en el acero.

- Escasa tendencia a la tracción y a la compresión perpendicular a la fibra, especialmente en tracción, lo cual supone una característica muy particular respecto a otros materiales.

- Bajo módulo de elasticidad, su valor es la mitad que el del hormigón y 20 veces menor que el del acero.

La siguiente tabla muestra el comportamiento general que sigue cada una de las propiedades mecánicas estudiadas. En el caso de la compresión, la media obtenida es de 78.3 kg/cm<sup>2</sup> y en el caso del MOR, por flexión estática es 149.3 Kg/cm<sup>3</sup>.

### **Respuesta al módulo de ruptura por compresión**

La compresión paralela es uno de los esfuerzos por los cuales las piezas de soporte de los diferentes muebles están sometidas, dígame patas, columnas, laterales, etcétera, por lo que su comportamiento influirá directamente sobre la calidad del producto final. Esta respuesta da una idea de cuán resistente puede ser el material con el que se confecciona un mueble bajo la acción de piezas superiores, ejerciendo fuerza sobre el suelo.

En función de definir las pruebas a realizar, como anteriormente se ha hecho, se determina el supuesto de normalidad.

Como precedente, se tienen 30 muestras, se toma el resultado de Shapiro-Wilk, donde la compresión en



cada uno de los materiales presenta una distribución normal.

**Tabla 6-** Anova de un factor

**ANOVA**

Resistencia de compresión(kg cm2)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2128.572	2	1064.286	96.921	.000
Within Groups	296.486	27	10.981		
Total	2425.059	29			

Existen diferencias estadísticamente significativas en la compresión y los diferentes materiales que se están utilizando, por lo que es importante

utilizar, en este caso, Duncan, una prueba que permite definir entre cuales probetas se encuentra la diferencia.

**Tabla 7-** Análisis de Duncan

**Resistencia de compresión(kg cm2)**

Probetas	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Duncan <sup>a</sup> MDF	10	66.720612		
Formica	10		80.115601	
Contrachapado	10			87.009153
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

La tabla anterior muestra la formación de tres grupos por separados, donde las probetas a base de aglomerados con lámina de madera, en las caras exteriores, presenta el valor más bajo de compresión; luego, en el segundo grupo, se encuentra el material conocido como formica y posteriormente las láminas contrachapadas. Lo que trae como respuesta que el módulo de ruptura de cada uno de los materiales está definido por la naturaleza de los compuestos que lo forman y, en otros casos, de las propiedades de la madera que se utiliza para confeccionarlos, lo que coincide con Sotomayor y Ramírez (2015).

**Comportamiento de la flexión estática**

La madera presenta una elevada resistencia a la flexión, sobre todo, si se le compara con su densidad.

El Módulo de Ruptura refleja la máxima capacidad de carga en flexión del elemento y es directamente proporcional al momento máximo soportado. La flexión genera tensiones (compresión y tracción paralelas a la fibra) que adoptan valores máximos en las fibras extremas de la pieza, mientras que en la zona de la fibra neutra las tensiones normales son nulas, por lo que no existe ni tracción ni compresión.

La propiedad sigue una distribución normal, por lo que corresponde hacer pruebas paramétricas.

son distintos para cada tipo de tablero. Estas diferencias no muestran un arreglo definido.

En comparación de medias Anova de un factor, se persigue la existencia de diferencias entre los materiales y la propiedad determinada. A partir del resultado obtenido, se asume que existen diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la naturaleza de los materiales en el MOR por flexión, coincidiendo con Sotomayor y Ramírez (2015), quienes plantean que los valores

Como no se cumple el supuesto de homocedasticidad, se realiza la prueba de Tamhane que asume varianzas desiguales (tabla 8). Los compuestos muestran diferencias entre sí, por lo que cada material tiene su MOR bien identificado, siendo las láminas de madera contrachapadas las que mayor valor presentan con 166 Kg/cm<sup>3</sup>.

**Tabla 8-** Prueba de Tamhane

**Multiple Comparisons**

Dependent Variable: Resistencia a la Flexión Estática

(I) Probetas	(J) Probetas	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
					Lower Bound	Upper Bound	
Tamhane	Formica	MDF	25.1260000*	3.0868431	.000	16.965721	33.286279
		Contrachapado	-14.0090000*	2.3577515	.000	-20.287262	-7.730738
	MDF	Formica	-25.1260000*	3.0868431	.000	-33.286279	-16.965721
		Contrachapado	-39.1350000*	2.7602062	.000	-46.601624	-31.668376
	Contrachapado	Formica	14.0090000*	2.3577515	.000	7.730738	20.287262
		MDF	39.1350000*	2.7602062	.000	31.668376	46.601624

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Este resultado puede explicarse por el acomodo de las capas y listones de madera que transmiten sus propiedades de anisotropía al tablero.

tablero, ponderado con el efecto del adhesivo y del aditivo. En este caso, el módulo de elasticidad en flexión de cada chapa controla la deformación local del tablero según el número y arreglo en el tablero. De tal forma, en la dirección longitudinal, el módulo de elasticidad es más grande en relación con el MOE en la dirección transversal. Este resultado es importante cuando el diseño de un producto o estructura de madera requiere el acomodo u orientación específica de un tablero contrachapado.

La estructura interna de los tableros aglomerados puede modelarse como la de un material compuesto, homogéneo y con densidad uniforme, de tal forma, que la relación de anisotropía es menor, comparada con la de los tableros contrachapados y enlistonados, según resultados obtenidos por Sotomayor y Ramírez (2015). En efecto, los tableros contrachapados pueden idealizarse como un material compuesto y multicapas, que si bien sus propiedades materiales son homogéneas en el plano formado por las direcciones transversal y longitudinal del tablero, estas no lo son a través de su espesor.

**CONCLUSIONES**

En cuanto a los valores de compresión, las probetas denominadas MDF son las que presentan menor resistencia con valor de 66.7 kg/cm<sup>2</sup>, le sigue formica 80.1 kg/cm<sup>2</sup> y contrachapado 87 kg/cm<sup>2</sup>. Para el caso de la resistencia a la flexión estática, la madera contrachapada es la que mejor respuesta presenta, 166 Kg/cm<sup>3</sup>.

Coincidiendo con los resultados de Sotomayor y Ramírez (2015), afirman que el MOE de un contrachapado es función de las propiedades de la madera de la cual está constituida cada capa del

La densidad ejerce una fuerte relación sobre las propiedades mecánicas, sobre todo la densidad húmeda, teniendo en cuenta que a medida que las piezas absorben agua, la resistencia a fuerzas, que ejercen sobre ellas es menor.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁLVAREZ, D. 2013. Tecnología de la Madera. 2da Edición. Editorial Feliz Varela. Cuba.

GUERRA CASTELLÓN, D., ÁLVAREZ LAZO, D., BARRERO MEDEL, H., GONZÁLEZ MENÉNDEZ, M., & GOROSPE ZETINA, H. 2019. Variación del coeficiente de rozamiento médula-corteza de la especie *Quercus cubana* A. Rich en Pinar del Río. *Revista Cubana de*

*Ciencias Forestales*, 7(1), 28-39. Recuperado de <http://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/403>

SOTOMAYO, J.R. et al, 2015. Sistema constructivo FITECMA.

SOTOMAYOR, J.R.; ARELLANO, S. 2011. Edificación básica de vivienda rural de uso múltiple. Dispositivo de usos múltiples para pruebas no destructivas en madera y materiales compuestos de madera. Ultrasonido, Ondas de esfuerzo y Vibraciones transversales.

SOTOMAYOR, J. R. et al. 2006. Comportamiento viscoelástico de la madera de *Prosopis*. Disponible en: *Madera y Bosques*, vol. 12, num 2.

VIGNOTE, S; et al. 2016. Madera aserrada II: defectos y alteraciones.

Copyright (c) Amanda Álvarez Camero, Damián Guerra Castellón, Daniel Álvarez Lazo, Beatriz Rivero Terrero



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional