

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MADERA PLÁSTICA PARA USO EN ESTRUCTURA DE ATENCIÓN Y PREVENCIÓN DE DESASTRES DE LA “ESMIC”

PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF PLASTIC WOOD FOR USE IN THE STRUCTURE OF ATTENTION AND DISASTER PREVENTION OF THE “ESMIC”

Johanna C. Ruiz A.*
Diego A. Lozano O.**
Johan S. González M.***

DOI: <https://doi.org/10.18041/1909-2458/ingeniare.27.6616>

RESUMEN

En el año 2017, el semillero de investigación INGEMIL de la Escuela Militar de Cadetes (ESMIC) propuso un prototipo físico modular para la prevención y atención de emergencias que atiende el ejército Nacional que es capaz de proveer la energía necesaria para servir como centro de acopio para los ingenieros militares rescatistas. Este prototipo fue construido con madera plástica, que es un material compuesto por plástico reciclado con residuos de madera, que ofrece ventajas en términos de costos, durabilidad, resistencia a los agentes degradativos, facilidad de moldeado y no requiere mantenimiento. Según lo anteriormente dicho, se caracterizó física y mecánicamente la madera plástica, con el fin de promover y aprobar su uso en el prototipo construido en años anteriores y empezar a implementarlo en materiales de construcción para observar su comportamiento. Se realizaron ensayos de caracterización física como densidad y dureza, y de caracterización mecánica tales como compresión y flexión.

Palabras clave:

Plástico reciclado; Madera plástica; Dureza; Resistencia a compresión; Resistencia a flexión.

ABSTRACT

In 2017, the INGEMIL research nursery of the Military School of Cadets (ESMIC) proposes a modular physical prototype for the prevention and emergency care attended by the National Army that can provide the energy needed to serve as a collection center for military rescue engineers. This prototype was built with plastic wood, which is a material composed of recycled plastic with wood waste, which offers advantages in terms of costs, durability, resistance to degradative agents, ease of molding and maintenance-free. As previously stated, plastic wood was characterized physically and mechanically, to promote and approve its use in the prototype built in previous years and begin to implement it in construction materials to observe its behavior. Physical characterization tests such as density and hardness, and mechanical characterization such as compression and flexion were performed.

Keywords:

Recycled plastic; Plastic wood; Hardness; Compressive strength; Flexural strength.

Cómo citar este artículo:

J. C. Ruiz A., D. A. Lozano O. & J. S. González M. Propiedades físicas y mecánicas de la madera plástica para uso en estructura de atención y prevención de desastres de la “ESMIC”. *Ingeniare*, Año 15, No. 27, Diciembre 2019. pp. 31 - 39.

*Ingeniero Civil. Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en geotecnia. Escuela Militar de Cadetes "José María Córdova". Profesor hora-cátedra. Correo: johanna.ruiz@esmic.edu.co.

**Capitán del ejército de Colombia. Ingeniero Civil. Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en Infraestructura vial. Escuela Militar de Cadetes "José María Córdova". Profesor de planta. Correo: diego.lozano@esmic.edu.co.

***Ingeniería Civil. Escuela Militar de Cadetes "José María Córdova". Correo: sebasgomo960309@gmail.com

Fecha de recepción: 29 de agosto de 2019 • Fecha de aceptación: 14 de diciembre de 2019

INGENIARE, Universidad Libre-Barranquilla, Año 15, No. 27, pp. 31-39 • ISSN: 1909-2458

1. INTRODUCCIÓN

Las preocupaciones hoy en día en el área investigativa, se centran en evitar o retrasar el daño latente que se produce al medio ambiente por el desecho continuo de residuos que no son biodegradables tales como los plásticos (tardan en degradarse de 150 a 400 años), materiales sintéticos, neumáticos, entre otros. En el campo de la ingeniería civil, se está buscando modificar materiales como agregados, asfaltos, concretos, suelos y demás componentes de construcciones civiles con dichos materiales no biodegradables, con el fin de seguir dando un uso específico, así ya hayan cumplido su vida útil. Un ejemplo de esto se refiere a estudios que se han adelantado en la modificación de mezclas asfálticas en caliente con grano de caucho, corroborando su buen funcionamiento ante imposición de cargas.

La Organización de las naciones Unidas en el año 2018 dio a conocer que cada año se producen en el mundo más de 400 millones de toneladas de plástico y solo el 9% de los desperdicios son reciclados. Estos residuos, generados diariamente representan un contaminante notorio en el medio ambiente que traen consigo consecuencias negativas como lo son creación de plagas, calentamiento global, efecto invernadero, enfermedades, entre otros [1].

El uso indiscriminado de recursos no renovables ha conllevado a la comunidad científica a tratar materiales con estos recursos, con el fin de obtener resultados positivos en la reutilización de estos. En el caso de la ingeniería civil, se han modificado agregados pétreos, mezclas asfálticas, asfaltos, concretos, cemento, madera, entre otros materiales de la construcción con estos recursos para así obtener mejores comportamientos de resistencia y deformación para las obras civiles.

La madera plástica, siendo un material compuesto por plástico reciclado (bolsas de basura, mangueras, cajas plásticas y residuos plásticos de industrias de envasado) y residuos de madera, ha sido uno de los insumos que se ha venido implementando en la industria por presentar ventajas de resistencia a los agentes degradativos, facilidad de moldeado y no requiere mantenimiento [2]. Adicionalmente, es un material viable de uso por su durabilidad, impacto ambiental y costos.

Se considera un material muy versátil para la construcción debido a la fácil manipulación, mantenimiento y variedad de formas que puede tomar este material. Este material ha sido utilizado por varias empresas para la elaboración de estructuras desde pisos, parques infantiles hasta casas residenciales, esto debido a que este material es de fácil mantenimiento y ha cumplido con los estándares de salud ocupacional. Una de las empresas dedicadas a trabajar este material es IMP, Servicios de Ingeniería Montajes y Proyectos S.A.S, quién suministró la madera plástica para realizar los ensayos de caracterización física y mecánica.

La madera plástica en comparación con la madera estructural cuenta con varios beneficios como lo son la mayor impermeabilidad, fácil mantenimiento, fácil limpieza, mayor seguridad (por astillamiento), baja absorción de humedad lo cual previene la degradación microbiana y el ingreso de termitas [3].

La madera plástica puede ser usada en productos cotidianos como lo son vigas, columnas, cercas, bancas, entre otros. Está fabricado con diferentes plásticos como lo son polietileno, PVC, termoplástico, polipropileno a los cuales debe sus características de impermeabilidad, flexibilidad y resistencia a los agentes atmosféricos. Su proceso de fabricación consiste básicamente en seis pasos los cuales son: selección del plástico, limpieza del material, molienda del material, secado del material, homogenización del material y extruido del material. Con la realización del anterior proceso se obtienen las formas deseadas según las necesidades de construcción [1].

Según lo anteriormente dicho, el objetivo de este artículo es caracterizar física y mecánicamente la madera plástica, con el fin de mostrar la viabilidad de su uso inicialmente en el prototipo físico que usa el Ejército Nacional de Colombia como centro de acopio para los ingenieros militares para la prevención y atención de emergencias.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

A nivel nacional e internacional se conocen varios estudios que han hecho uso de la madera plástica con diferentes fines, o por otro lado han elaborado este material con diferentes tipos de plástico. En la Universidad EAFIT, Colombia, se emplearon materiales plásticos reciclados provenientes de cultivos bananeros, con el objetivo de analizar mezclas entre materiales reciclados post-consumo Polietileno de baja densidad y Polipropileno con carbonato de calcio [4].

En este estudio se realizaron pruebas de granulometría para observar la distribución de partículas, pruebas de densidad, medición del índice de Fluidez (MFI) y finalmente pruebas de tensión, flexión y compresión sobre tres muestras de polímeros reciclados. El primero es polipropileno homopolímero con carga de carbonato de calcio (Rafia de primera), el segundo es polipropileno homopolímero después de haber sido utilizado en los cultivos de banano de Urabá, Antioquia (Rafia de segunda), y el último corresponde a polietileno de baja densidad reciclado (Cubierta flexible).

Los resultados obtenidos luego de la obtención de la madera plástica, en densidad, el primer material resultó 0.818 g/cm³, el segundo 0.673 g/cm³ y el tercero 0.683 g/cm³ respectivamente. En el caso de la rafia de primera sometido a carga en sentido longitudinal, se obtuvieron resultados de esfuerzo de 49 a 68 Mpa y deformación máxima de 0,05 mm/mm y en sentido transversal esfuerzo de 45 a 50 Mpa y deformación máxima de 0,05 mm/mm; para la rafia de segunda sometido a carga en sentido transversal se obtuvieron resultados de esfuerzo de 42 a 49 Mpa y deformación máxima de 0,05 mm/mm; por última en el caso del polietileno de baja densidad, los resultados de esfuerzo en sentido longitudinal fueron de 13 a 16 Mpa y en sentido transversal fueron de 11 a 13 Mpa [4].

En cuanto a los resultados de las propiedades mecánicas de flexión los resultados se muestran en la Tabla 1.a y 1.b. Los autores concluyeron que el material que mejor se comporta a esfuerzo en sentido trasversal y longitudinal corresponde al polipropileno homopolímero con carga de carbonato de calcio y a resistencia a flexión en sentido trasversal y longitudinal corresponde al mismo material, polipropileno homopolímero con carga de carbonato de calcio.

Tabla 1. Resistencia a la flexión, módulo de elasticidad y deformación en rotura de Rafia de primera, Rafia de segunda y cubierta flexible.

Rafia de Primera (PP)		
	Longitudinal	Transversal
Deformación en rotura (%)	4.93	4.86
Módulo de elasticidad (MPa)	2310	2080
Resistencia a la flexión (MPa)	53.35	48.5
Rafia de Segunda (PP)		
	Longitudinal	Transversal
Deformación en rotura (%)	4.65	4.56
Módulo de elasticidad (MPa)	2060	2180
Resistencia a la flexión (MPa)	46.48	45.86

a. Rafia de primera y de segunda

Películas de Polietileno de baja densidad		
	Longitudinal	Transversal
Deformación en rotura (%)	5	5
Módulo de elasticidad (MPa)	422.3	359.21
Resistencia a la flexión (MPa)	14.01	11.61

b. Cubierta flexible.

Fuente: París y González [4]

Otro estudio realizado a la madera plástica se observa en la universidad de los Andes, en Bogotá, Colombia, que realizó un estudio de la madera plástica con una extrusión de perfiles espumados. De los análisis de los resultados se pudo concluir que: “La ventana operativa para ambos agentes espumantes resultó ser similar. A temperaturas del dado menores a 130°K, se presentaba sobreespumación, impidiendo la estabilización del extrudido sin importar la velocidad del tornillo manejada. A temperaturas del dado mayores a 140°C la viscosidad de la masa fundida era tan baja que se producían fluctuaciones y muy baja espumación por pérdida del gas a través de la masa fundida”, por lo tanto, la ventana operativa para este proceso incluye el rango de temperaturas del dado entre 130° C y 140° C, velocidades entre 20rpm y 40rpm y concentraciones de agente espumante entre 0.5% y 1.5% [5].

A nivel internacional, tenemos como referencia un estudio realizado en Cuba, en donde se elaboró un tablero de madera plástica con residuos de la industria forestal (aserrín), residuos industriales (termoplásticos) y aditivos químicos en proporciones de 50, 30 y 20 %, respectivamente. Realizaron ensayos de laboratorio con el fin de encontrar las propiedades

mecánicas y físicas (densidad, contenido de humedad de los tableros, hinchamiento, flexión, compresión, tracción) obteniendo los resultados que se encuentran en la Tabla 2 comparando las propiedades físicas y mecánicas entre tablero fabricado con madera plástica (TMP), tablero de partículas de bagazo de caña (TPbc), tablero de fibra de bagazo de caña (TFbc), tablero contrachapado (TC) [6].

Tabla 2. Valores obtenidos en las pruebas físico-mecánicas del tablero de madera plástica y los tableros convencionales

Tipos de tableros	Humedad (%)	Densidad (kg/m ³)	*Absorción de agua (%)	Hinchamiento (%)	Flexión (MPa)	Compresión (MPa)	Tracción (MPa)
TMP	4,13	1050	0,22	0,15	17,53	1381028,2	
TPbc	9,84	520,84	15,1	17,9	6,25	431014,35	
TFbc	10,59	526,16	13,19	12,3	9,42	822115,2	
TC	10,85	610,58	610,58	11,4	11,14	961431,45	

TMP: Tablero de madera plástica; TPbc : Tablero de pedazos de partículas de bagazo de caña; TC: Tablero de contrachapado; TFbg: Tablero de fibras de bagazo de caña.
* Absorción de agua después de 72 h.

Fuente: Martínez et al. 2014 [6]

Martínez et al. [6] concluye que el tablero de madera plástica que se produce en Cuba, posee relación dependiente de la densidad que le proporciona mejores propiedades físico-mecánicas con respecto a los tableros convencionales. El tablero de madera plástica posee las siguientes características: 4.13 % de humedad, 0.22 % de absorción de agua, 0.15 % de hinchamiento, 17 MPa de carga máxima a la flexión, 28 MPa a la tracción y 138 MPa a la compresión. Dichas propiedades validan la utilidad del tablero de madera plástica como material para la construcción. Lo anterior, mostrando que este material es viable para la construcción de estructuras, en cuanto al agente espumante, entre más espumante posea el material va a disminuir un poco las propiedades mecánicas de resistencia del material.

De la misma forma se han realizado estudios acerca de la automatización de la producción de este material por parte de [7], donde definen la importancia de este material debido a la ayuda que brinda al medio ambiente, evitando la tala indiscriminada de árboles. De acuerdo al autor [7] se manifiesta que

El novedoso material que sustituye a la madera convencional por un producto más duradero y eficiente, evita la tala indiscriminada de bosques y la preservación de recursos medioambientales. La producción industrial de madera plástica se encuentra en ascenso y en constante competencia, haciendo posible que se diseñen en su beneficio, sistemas de automatización que aceleran la productividad y aseguran en el proceso mayor calidad a los productos finales. La implementación de una propuesta de automatización para este proceso especial, asegura no solo mejores beneficios técnicos e industriales, sino que contribuye también al cuidado del medio ambiente y se une a la lucha para alcanzar un desarrollo sostenible.

3. METODOLOGÍA

La recolección del material que se utilizó para el muestreo de los ensayos de laboratorio fueron tomadas de la empresa Servicios de Ingeniería Montajes y Proyectos S.A.S (IMP), quienes suministraron material y equipos para realización de ensayos de laboratorio. Estas muestras salieron de uno de los almacenes de la empresa los cuales fueron sometidos a una transformación de cilindros para poder ser sometidos a prueba, estas muestras se tomaron de diferentes tipos de producción para poder tener una variación en los resultados que estén entre los rasgos normales de variación de un material. Estas probetas del material fueron seleccionadas según la norma ASTM D-143 [8] la cual exige que las muestras estén totalmente limpias y sin agentes que vayan a modificar los resultados de laboratorio.

Con la toma correcta de las muestras podremos tener resultados de las propiedades físicas y mecánicas del material estudiado y de esta manera obtener los beneficios que tendría este material para la implementación en el modelo físico para la prevención y atención de riesgos del Ejército Nacional, estas muestras serán sometidas a por lo menos dos ensayos para poder tener un rango de las propiedades y de esta manera determinar si el rango de variación no salga de sus valores normales.

Las pruebas de caracterización física realizadas corresponden a densidad y dureza; en cuanto a las pruebas realizadas para caracterizar mecánicamente la madera plástica, se ejecutaron ensayos de resistencia a compresión en sentido paralelo y resistencia a compresión en sentido perpendicular a la fibra y flexión.

Ambos tipos de caracterización, nos permitirán comparar con resultados que se han obtenido de investigaciones anteriores en materiales como polipropileno homopolímero con carga de carbonato de Calcio, polietileno de baja densidad reciclado, tablero de madera plástica, tablero de partículas de bagazo de caña, tablero de fibras de bagazo de caña y tablero contrachapado.

4. RESULTADOS

Los ensayos de caracterización física y mecánica se realizaron para dos probetas de madera plástica. Para la caracterización física de la madera plástica se muestran resultados de densidad y dureza (Tablas 3 y 4) y para la caracterización mecánica los ensayos de laboratorio realizados corresponden a resistencia a la compresión en sentido paralelo con muestras de dimensiones 5 cm de ancho por 5 cm de espesor por 20 cm de Largo, compresión perpendicular a la fibra, con dimensiones de 5 cm de ancho por 5 cm de espesor por 20 cm de largo y flexión sobre probetas con dimensiones de 5 cm por 5 cm por 75 cm.

En la Tabla 3 se muestran los resultados de densidad obtenidos para las probetas ensayadas, obteniendo una densidad promedio de 838,345 Kg/m³. En la Tabla 4 se muestran resultados de Dureza, en donde se obtuvo carga promedio de 196,8 Kg y 253,3 Kg. Los resultados de tensión paralela a la fibra muestran resistencia promedio de 13,44 Mpa como se muestra en la Tabla 5. En compresión paralela a la fibra se obtuvo una resistencia promedio de 17, 92 Mpa, como se muestra en la Tabla 6. Para compresión

perpendicular a la fibra se obtuvieron resultados de 5,96 Mpa y 7,07 Mpa respectivamente como se muestra en la Tabla 7. Para el ensayo de flexión, se obtuvo un módulo de rotura de 18,06 Mpa y 20,96 Mpa, y una resistencia promedio de 19,51 Mpa, como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 3. Densidad probetas de madera plástica

No. Probeta	Volumen (cm ³)	Masa (g)	Densidad		Promedio (kg/m ³)
			(g/cm ³)	(kg/m ³)	
1	3042,919	2551	0,8383	838,34	838,345
2	3169,315	2657	0,8384	838,35	

Fuente: Elaboración de los autores

Tabla 4. Dureza probetas de madera plástica

No. Probeta	Largo (cm)	Altura (cm)	Base (cm)	Carga 1 (Kg)	Carga 2 (Kg)	Carga 3 (Kg)	Carga Promedio
1	15,1	4,9	5	185	210	195,5	196,8
2	14,9	5	4,9	210	375	175	253,3

Fuente: Elaboración de los autores

Tabla 5. Tensión paralela a la fibra en probetas de madera plástica

No. Probeta	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Cargas (Kg)	Área (cm ²)	σ (Kg/cm ²)	MPA	Promedio	
								σ	MPA
1	45,2	2,5	1,2	480	3	160	15,69	137,01	13,44
2	45,4	2,6	1,4	415	3,64	114,01	11,18		

Fuente: Elaboración de los autores

Tabla 6. Compresión paralela a la fibra en probetas de madera plástica.

No. Probeta	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Cargas (Kg)	Área (cm ²)	σ (Kg/cm ²)	MPA	Promedio	
								σ	MPA
1	20,2	5,2	5,4	5520	28,08	196,58	19,28	182,65	17,915
2	20,1	5,4	5,4	4920	29,16	168,72	16,55		

Fuente: Elaboración de los autores

Tabla 7. Compresión perpendicular a la fibra en probetas de madera plástica

No. Probeta	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm ²)	Cargas (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)
1	15	4,64	5,15	23,2	1410	60,78
2	15,2	4,85	4,655	24,25	1750	72,16

Fuente: Elaboración de los autores

Tabla 8. Resistencia a flexión en probetas de madera plástica

No. Probeta	Largo (cm)	Altura (cm)	Base (cm)	Cargas (Kg)	Def. Ultima (mm)	Módulo de rotura		Promedio	
						(Kg/cm ²)	MPA	σ	MPA
1	1,005	9,6	5,6	880	55	184,15	18,06	198,92	19,51
2	1	9,5	5,6	1000	90	213,69	20,96		

Fuente: Elaboración de los autores

5. DISCUSIÓN

Los análisis se centran en comparar los resultados obtenidos en las pruebas realizadas con los trabajos presentados en la introducción por Martínez et al. [6] y por París y González [4]. En la Tabla 9 se comparan los resultados obtenidos por París y González en cuanto a resistencia a flexión en sentido perpendicular para los materiales Polipropileno homopolímero con carga de carbonato de Calcio, Polipropileno homopolímero después de haber sido utilizado en los cultivos de banano de Urabá, Antioquia, Polietileno de baja densidad reciclado con la madera plástica extruída con plástico 100% reciclado. El mejor comportamiento a resistencia se presenta en el polipropileno con carbonato de Calcio; no obstante, la madera plástica ensayada tuvo mejor comportamiento que el polietileno de baja densidad.

Tabla 9. Comparación de resistencia a flexión de madera plástica ensayada con resultados de París y González [4]

Tipo de material usado para extrusión de madera plástica	Resistencia a flexión perpendicular (Mpa)
Polipropileno homopolímero con carga de carbonato de Calcio.	48,5
Polipropileno homopolímero después de haber sido utilizado en los cultivos de banano de Urabá, Antioquia.	45,86
Polietileno de baja densidad reciclado	11,61
Madera Plástica extruída con plástico 100% reciclado	19,51

Fuente: Elaboración de los autores

Finalmente, se comparan resultados de densidad, flexión y compresión con los datos extraídos de Martínez et al. [6]. La madera plástica ensayada por la empresa IMP presentó mejor resistencia a flexión que el Tablero de madera plástica, el Tablero de partículas de bagazo de caña, Tablero de fibras de bagazo de caña y el Tablero contrachapado, mientras que, a compresión, la madera plástica estudiada presentó la resistencia más baja. En la tabla 10, se muestra el cuadro comparativo mencionado.

Tabla 10. Comparación de densidad, flexión y compresión de madera plástica ensayada con resultados de Martínez et al. [6]

Tipo de material usado para extrucción de madera plástica	Densidad (Kg/m3)	Flexión (MPa)	Compresión (MPa)
Tablero de madera plástica	1050	17,53	138,1
Tablero de partículas de bagazo de caña	520,84	6,25	43,1
Tablero de fibras de bagazo de caña	526,16	9,42	82,21
Tablero contrachapado	620,58	11,14	96,14
Madera Plástica extruída con plástico 100% reciclado	838,345	19,51	6,51

Fuente: Elaboración de los autores

6. CONCLUSIONES

La densidad que presenta la madera plástica presenta valores más elevados que los tableros con partículas de bagazo de caña, contrachapado y con fibras de bagazo de caña. Esto permite inferir bajo contenido de humedad dentro del material y bajo contenido de porcentaje de absorción, lo que nos proporciona un material impermeable.

La madera plástica ensayada cumple con los requisitos mínimos a flexión (19,51 MPa) y a compresión (6,51 MPa). Para utilizar el prototipo físico modular para la prevención y atención de emergencias que atiende el ejército Nacional que es capaz de proveer la energía necesaria para servir como centro de acopio para los ingenieros militares rescatistas construido con madera plástica, se recomienda que el contenido de plástico que contenga debe tener altos porcentajes de Polipropileno homopolímero con carga de carbonato de Calcio, que es el material que presentó mejor resistencia a la flexión.

REFERENCIAS

- [1] L. Rincon Garzon , E. Rodriguez Carmona y A. Espitia Cubillos , «Madera plástica. Un producto amigo del planeta.,» Semilleros, vol. 3, n° 5, pp. 41-48, 2016.
- [2] J. Coronado, «Plásticos ecológicos.,» Construcción Cámara Guatemalteca, vol. 167, n° 30, 2011.
- [3] M. V. Jara Salme, «Diseño de una planta piloto para la obtención de granza de madera plástica a partir de polietileno reciclado con partículas lignocelulósicas,» Quito, Ecuador, 2015.
- [4] L. S. París Londoño y S. M. González Villa, «Caracterización de los materiales plásticos reciclados provenientes de la industria bananera empleados para la elaboración de madera plástica.,» Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales, pp. 1453-1460, 2009.
- [5] O. F. Delgado y J. A. Medina, «Extrusión de perfiles espumados de madera plástica,» Revista de Ingeniería Universidad de los Andes, vol. 2003, n° 18, pp. 56-63, 2003.
- [6] Y. Martínez López, R. R. Fernández Concepción, D. A. Álvarez-Lazo, M. García-González y E. Martínez-Rodríguez, «Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de los tableros de madera plástica producidos en Cuba respecto a los tableros convencionales,» SciELO, 2014.
- [7] Y. Mesa Crespo, «Propuesta de automatización para el proceso de fabricación de madera plástica,» DSPACE, 2018.
- [8] Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber, ASTM Standard, ASTM D143, 2014