



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE DISEÑO Y ARQUITECTURA
CARRERA DE DISEÑO INDUSTRIAL

Proyecto de Investigación previo a la obtención del Título de Ingeniero
en Diseño Industrial

**“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS
DE LA UTILIZACIÓN DE REMANENTES DE TABLEROS Y
MADERA EN LA PRODUCCIÓN DE MATERIALES
COMPUESTOS Y LA VIABILIDAD DE SUS POSIBLES USOS”**

Autor: Niachimba Muñoz Evelyn Leticia

Tutor: Chaca Espinoza Wilmer Gonzalo

Ambato – Ecuador

Septiembre, 2023

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto Integrador sobre el tema:

“Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de la utilización de remanentes de tableros y madera en la producción de materiales compuestos y la viabilidad de sus posibles usos” de la alumna Evelyn Leticia Niachimba Muñoz, estudiante de la carrera de **Diseño Industrial**, considero que dicho proyecto reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del jurado examinador designado por el H. Consejo Directivo de la Facultad.

Ambato, julio de 2023

EL TUTOR


.....
Wilmer Gonzalo Chaca Espinoza

AUTORÍA DEL TRABAJO

Los criterios emitidos en el Proyecto Integrador “Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de la utilización de remanentes de tableros y madera en la producción de materiales compuestos y la viabilidad de sus posibles usos”, como también los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y propuesta son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autora de este trabajo de grado.

Ambato, julio de 2023

EL AUTOR


.....
Evelyn Leticia Niachimba Muñoz

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Integrador o parte de él un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos patrimoniales de mi Proyecto Integrador, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de esta tesis, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autora

Ambato, julio de 2023

EL AUTOR



.....

Evelyn Leticia Niachimba Muñoz

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Proyecto Integrador, sobre el tema **“Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de la utilización de remanentes de tableros y madera en la producción de materiales compuestos y la viabilidad de sus posibles usos”** de **Evelyn Leticia Niachimba Muñoz**, estudiante de la carrera de **Diseño Industrial**, de conformidad con el Reglamento de Graduación para obtener el título terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, septiembre de 2023

Para constancia firman:

Nombres y Apellidos

PRESIDENTE

Nombres y Apellidos

MIEMBRO CALIFICADOR

Nombres y Apellidos

MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a mi Dios y las personas más importantes en mi vida por brindarme su apoyo, confianza y cariño. Especialmente quiero dedicar a mis padres Felipe Niachimba y Beatriz Muñoz por su arduo trabajo y dedicación, me dieron el claro ejemplo que un resbalón no es una caída, me dieron esas fuerzas para continuar y jamás rendirme. Ellos tan sido un pilar fundamente para no decaer y seguir adelante con mi carrera universitaria y también por darme valores que siempre los llevare conmigo.

A mis hermanos que Dios me brindo Rodolfo y Jessenia que siempre han estado conmigo con su apoyo y ejemplo para continuar, sus consejos han sido palabras que las llevo plasmadas en mi corazón.

Y como no dedicar a mi Dios quien nunca me abandono y me brindo a mi hermosa familia, siempre unida y con salud, sobre todo me dio personas quienes me daban esa fuerza que tanto necesite durante toda mi carrera universitaria.

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a todas las personas que han sido fundamentales en este importante camino de mi tesis. En primer lugar, quiero expresar mi gratitud a Dios por acompañarme y bendecirme con los mejores padres, mi padre Felipe y mi madre Beatriz. Ellos han sido mi mayor inspiración y motivación para seguir adelante en mi carrera universitaria. Su arduo trabajo y apoyo incondicional han sido fundamentales para mi éxito, y estoy extremadamente agradecida por todo lo que han hecho por mí. También quiero agradecer a mis hermanos Rodolfo y Jessenia, quienes han sido ejemplos para seguir en diferentes aspectos. Sus consejos y apoyo inquebrantable me han ayudado a perseverar en momentos difíciles.

Además, mi cuñada y sobrino también han sido un apoyo valioso en este camino, brindándome cariño y aliento cuando más lo necesitaba. Agradezco a toda mi familia por su comprensión y por estar siempre presentes en esta lucha.

Agradezco a Salito fue la primera persona que conocí al ingresar a la universidad y se convirtió en mi amiga inseparable. Carito su capacidad para superarse es inspiradora, y gracias a ella he aprendido la importancia de nunca dejar de crecer. Nico, con su locura y alegría, siempre ha sabido sacarnos una sonrisa. Aunque a veces no lo crea, su inteligencia es admirable, como cada una de mis amigas.

Asimismo, quiero agradecer a mis amigos Zulay, Julio y Jefferson, quienes me han brindado un apoyo inmenso en este camino.

Julio ha sido mi fiel compañero, siempre alentándome y apoyándome para no rendirme. Zulay ha sido una amiga invaluable, compartiendo tantas vivencias juntas que solo puedo agradecerle por su amistad sincera. Y a Jefferson, quien ha sido una persona muy importante en este recorrido, con quien he compartido muchos momentos y cuyo apoyo significó mucho para mí.

Mis amigos como uno de los más importantes también fueron y Marlon y Paola quienes desde el colegio siempre hemos mantenido nuestra amistad intacta y nos hemos apoyado siempre.

ÍNDICE DE GENERAL

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE GENERAL	viii
Índice de tablas.....	xi
Índice de figuras	xiii
Resumen ejecutivo	xv
Abstract	xvi
CAPÍTULO I.....	17
ANTECEDENTES GENERALES	17
1.1. Introducción.....	17
1.2. Árbol del problema.....	19
1.3. Justificación.....	20
1.4. Objetivos	21
1.4.1. Objetivo general	21
1.4.2. Objetivos específicos	22
CAPÍTULO II	23
MARCO REFERENCIAL	23
2.1. Estado del arte	23
2.2. Conceptualización de variables	24
2.3. Marco teórico	25

2.3.1.	Ecodiseño	26
2.3.2.	Impacto en el Medio Ambiente de la madera	34
2.3.3.	Madera.....	35
2.3.4.	Tableros.....	56
2.3.5.	Los adhesivos y el encolado de la madera	65
CAPÍTULO III.....		70
MARCO METODOLÓGICO.....		70
3.1.	Caso de estudio.....	70
3.1.1.	Ubicación	70
3.1.2.	Materiales y equipos de la empresa	73
3.2.	Tipo de investigación	75
3.3.	Enfoque del trabajo: modelo de métodos aplicados.....	75
3.4.	Idea a defender	76
3.5.	Definición de variables e indicadores.....	76
3.6.	Población y muestra	77
3.7.	Recolección de información	77
3.7.1.	Remanentes obtenidos.....	87
3.8.	Análisis y discusión de los resultados	89
3.8.1.	Ensayos de materiales	89
3.8.2.	Comparativa de propiedades	94
3.8.3.	Aplicación	96
3.8.4.	Ficha de control del material.....	97
3.8.5.	Conclusión de los resultados	99
CAPITULO IV.....		100
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		100
4.1.	Conclusiones	100
4.2.	Recomendaciones	102

Bibliografía	104
ANEXOS	111
Anexo 1. Informe Medición de Rugosidad Superficial.....	112
Anexo 2. Informe Ensayo de Dureza Shore D – ISO 868.....	115
Anexo 3. Informe Ensayo a Flexión – ASTM D143.....	118
Anexo 4. Informe Ensayo a Compresión – ASTM D143	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Las tensiones admisibles en kp/cm^2 de la madera</i>	40
Tabla 2. <i>Propiedades mecánicas y ejemplos de aplicación</i>	41
Tabla 3. <i>Revisión de las características de físicas del canelo</i>	44
Tabla 4. <i>Revisión de las propiedades arquitectónicas del canelo</i>	45
Tabla 5. <i>Revisión de las propiedades físicas del canelo</i>	46
Tabla 6. <i>Revisión de las propiedades generales del laurel de oriente</i>	49
Tabla 7. <i>Revisión de las propiedades arquitectónicas del laurel de oriente</i>	50
Tabla 8. <i>Revisión de las propiedades físicas y mecánicas del laurel de oriente</i>	51
Tabla 9. <i>Revisión de las propiedades generales del seike</i>	53
Tabla 10. <i>Revisión de las propiedades arquitectónicas del seike</i>	54
Tabla 11. <i>Revisión de las propiedades físicas del seike</i>	55
Tabla 12. <i>Revisión de las propiedades físico-mecánicas de la melamina</i>	59
Tabla 13. <i>Características físico-mecánicas de tableros contrachapados</i>	62
Tabla 14. <i>Propiedades físico-mecánicas del MDF</i>	64
Tabla 15. <i>Dimensiones de los tableros de Melamina, Tripex y MDF</i>	65
Tabla 16. <i>Tipos de unión</i>	66
Tabla 17. <i>Detalle de recursos materiales</i>	73
Tabla 18. <i>Tipos de remanentes</i>	87
Tabla 19. <i>Remanentes producidos en un mes en la empresa INMO</i>	89
Tabla 20. <i>Número de probetas para cada análisis de propiedades del material</i>	90
Tabla 21. <i>Dimensiones de las probetas para cada análisis de propiedades del material</i>	90
Tabla 22. <i>Resultados del ensayo de rugosidad</i>	91
Tabla 23. <i>Resultados del ensayo de rugosidad</i>	92

Tabla 24. <i>Resultados del ensayo de rugosidad</i>	93
Tabla 25. <i>Comparación de las propiedades físicas de maderas de canelo, laurel y Seike comerciales</i>	94
Tabla 26. <i>Revisión de las propiedades físicas de tableros comerciales</i>	94
Tabla 27. <i>Propiedades mecánicas del remanente</i>	95
Tabla 28. <i>Tabla de propiedades de los remanentes</i>	95
Tabla 29. <i>Tabla de control del nuevo material</i>	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Árbol de problemas</i>	19
Figura 2. <i>Conceptualización de variables</i>	24
Figura 3. <i>Proceso de Ecodiseño</i>	26
Figura 4. <i>Gestión de residuos</i>	29
Figura 5. <i>Gestión de residuos</i>	32
Figura 6. <i>Ejemplo de aplicación</i>	33
Figura 7. <i>Gestión de residuos</i>	35
Figura 8. <i>División de las maderas</i>	36
Figura 9. <i>Apariencia de la madera de canelo</i>	44
Figura 10. <i>Apariencia de la madera de laurel de oriente</i>	48
Figura 11. <i>Apariencia de la madera de seiqui</i>	52
Figura 12. <i>Tableros de melanina</i>	58
Figura 13. <i>Tableros de triplex</i>	61
Figura 14. <i>Tableros de MDF</i>	63
Figura 15. <i>Productos que oferta la empresa</i>	70
Figura 16. <i>Ubicación de la empresa</i>	71
Figura 17. <i>Conceptualización de variables</i>	77
Figura 18. <i>Pesaje de los residuos de madera</i>	79
Figura 19. <i>Identificación de variedades</i>	79
Figura 20. <i>Clasificación de remanentes</i>	80
Figura 21. <i>Análisis de medidas</i>	81
Figura 22. <i>Selección de medidas requeridas</i>	82
Figura 23. <i>Unión de maderas</i>	83

Figura 24. <i>Prensado de las piezas de madera</i>	84
Figura 25. <i>Pulido de piezas</i>	86
Figura 26. <i>Producto final</i>	87
Figura 27. <i>Posibles aplicaciones</i>	96

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo principal abordar la problemática de los remanentes de madera, generados por la industria de la madera y el impacto ambiental, así como explorar una alternativa viable para su utilización. En Ecuador, específicamente en la provincia de Tungurahua, la industria del mobiliario ha experimentado un crecimiento significativo y se ha convertido en un sector económico relevante.

Se considera para esta investigación, la empresa INMO, ubicada en el Cantón Pelileo en la parroquia Huambaló. Esta empresa se especializa en la producción de diseños de interiores de alta calidad y también se enfoca en los diseños personalizados para espacios internos, como resultado una cantidad significativa de madera sobrante que la empresa no lo utiliza. Por el contrario, estos restos se desechan o se entregan a miembros de la comunidad, lo que influye negativamente en el medio ambiente y dificulta el desarrollo de nuevas ideas en las industrias para utilizar estos restos de madera. Tras la revisión de las propiedades, se determinó si sería apropiado y viable utilizar estos residuos como materia prima principal en la creación de nuevos productos u objetos.

De forma práctica, se llega a la conclusión de que es factible compactar los residuos para formar un material ensamblado que aproveche los elementos residuales, para fabricar planchas que puedan moldearse, considerando que estas planchas tienen dimensiones considerables, siendo el tamaño más grande de 25 x 25 centímetros y el más pequeño de hasta 15 x 15 centímetros. Además, se destaca que se aprovechará aproximadamente del 56% al 60% de los remanentes de madera al mes.

Palabras clave: remanentes de madera, madera, industrial de la madera, material ensamblado

ABSTRACT

The main objective of this research project is to address the problem of wood waste generated by the wood industry and its environmental impact, as well as to explore a viable alternative for its utilization. In Ecuador, specifically in the province of Tungurahua, the furniture industry has experienced significant growth and has become a relevant economic sector.

The company INMO, located in the Pelileo Canton in the Huambaló parish, is considered for this research. This company specializes in the production of high quality interior designs and also focuses on custom designs for interior spaces, resulting in a significant amount of leftover wood that the company does not use. On the contrary, these remains are discarded or given to members of the community, which negatively influences the environment and hinders the development of new ideas in the industries to use these wood remains. After reviewing the properties, it was determined whether it would be appropriate and feasible to use these wastes as a main raw material in the creation of new products or objects.

In a practical way, it is concluded that it is feasible to compact the waste to form an assembled material that takes advantage of the residual elements, to manufacture sheets that can be molded, considering that these sheets have considerable dimensions, being the largest size of 25 x 25 centimeters and the smallest of up to 15 x 15 centimeters. In addition, it should be noted that approximately 56% to 60% of the remaining wood per month will be used.

Key words: residual wood, wood, wood industry, composite material.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Introducción

La producción de productos derivados de la madera ha experimentado cambios notables en los últimos años, según los datos presentados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, por sus siglas en inglés FAO (2022), la producción de los principales productos derivados de la madera aumentó en 2018, entre un 1% (tablas derivadas de la madera) y un 5% (rollos industriales derivados de la madera). Asia-Pacífico, América del Norte y Europa tuvieron aumentos significativos en su producción, lo que podría atribuirse al crecimiento económico positivo en esas regiones. La crisis económica mundial que se produjo entre 2008 y 2009 tuvo un impacto significativo en la industria maderera.

Sin embargo, en los últimos cinco años, se ha observado una notable mejora en el crecimiento mundial de las industrias relacionadas con la madera. Según el informe de 2018 de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2018), este crecimiento es sumamente importante tanto para las economías nacionales como para el bienestar de millones de personas de todo el mundo, cuyas vidas y medios de subsistencia dependen de los recursos forestales.

Ecuador, es una nación abundante en recursos naturales valiosos y un gran potencial en la industria forestal. Esto se traduce en la fabricación de productos de primera calidad, como: tableros, muebles, entre otros. Estos productos gozan de gran demanda, tanto a nivel nacional como internacional.

Según la sede ecuatoriana de la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) (2021), se destaca que la industria del mobiliario, especialmente en el procesamiento de productos derivados de la madera, representa uno de los sectores más importantes dentro de la industria.

La mayoría de las empresas en esta industria tungurahuese son de tamaño mediano o pequeño y de carácter familiar. Estas empresas obtienen su suministro de

madera de diversas calidades, pero se enfrentan a limitaciones en términos de tecnología y maquinaria, lo que afecta tanto el diseño de los productos como el control de calidad.

De acuerdo con el artículo sobre empresas y establecimientos en Tungurahua en el año 2021, se observó la presencia de un total de 38.990 unidades productivas en la provincia, lo que representa aproximadamente el 3,85% del total a nivel nacional. Esto sitúa a Tungurahua en el quinto lugar, solo por detrás de Pichincha y cuatro lugares detrás de Guayas. La provincia de Tungurahua destaca por su significativa actividad industrial y comercial, lo cual contribuyó al país con una recaudación de impuestos de 101.410 miles de dólares entre enero y mayo de 2021. Es importante destacar que el 86,8% de esta recaudación se concentró en el cantón Ambato (Vallejo Ruiz, 2021).

En Pelileo, en la parroquia Huambaló, conocida como la “Capital del mueble”, por la creciente actividad artesanal, alrededor de 80 almacenes ofrecen al visitante una gran variedad de productos, elaborados a mano, en las mejores maderas y con los más finos acabados, fruto de la creatividad de unas 1.500 personas que diariamente trabajan en los más de 180 talleres y fábricas que se encuentran en este centro de producción artesanal (Moyano, 2018).

Por otro lado, cabe mencionar que, la madera siempre ha sido y continúa siendo un recurso natural de gran importancia. Se recolecta anualmente para su uso en la construcción, comunicación, navegación y fabricación de muebles, así como para la producción de tableros, pulpa, papel, cartón, productos químicos y combustibles, durante el proceso de extracción de la madera en los bosques, se generan residuos. No obstante, la mayor cantidad de residuos se produce durante la etapa de transformación, dimensionado y mecanizado de la madera, cuando se generan productos con mayor valor agregado (López-Chalarca et al., 2021)

Según el informe de 2017 del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, la mayoría de las empresas producen un alto porcentaje de residuos diarios a lo largo de sus procesos de producción, incluyendo virutas de madera y materiales ensamblados, entre otros. La acumulación de estos residuos de madera en el suelo y en diversas zonas

de las fábricas tienen consecuencias medioambientales y se ha convertido en un problema local (Fariño, 2022).

Con estos precedentes, la presente investigación tiene como objetivo fundamental realizar un estudio exhaustivo sobre las propiedades físicas y mecánicas de los remanentes de tableros y madera, empleados en la producción de materiales ensamblados con la madera residual. Este análisis detallado permitirá evaluar de manera precisa la idoneidad y viabilidad de dichos remanentes como materia prima en la fabricación de nuevos productos u objetos.

Cabe destacar que, un aspecto de gran relevancia que se abordará en esta investigación es el aprovechamiento de la madera residual, la reducción del impacto ambiental derivado de los residuos generados por la industria de la madera, debido a que, los residuos derivados de madera representan el 10% de la “basura” acumulada en Ecuador (Palma & Arroyo, 2023).

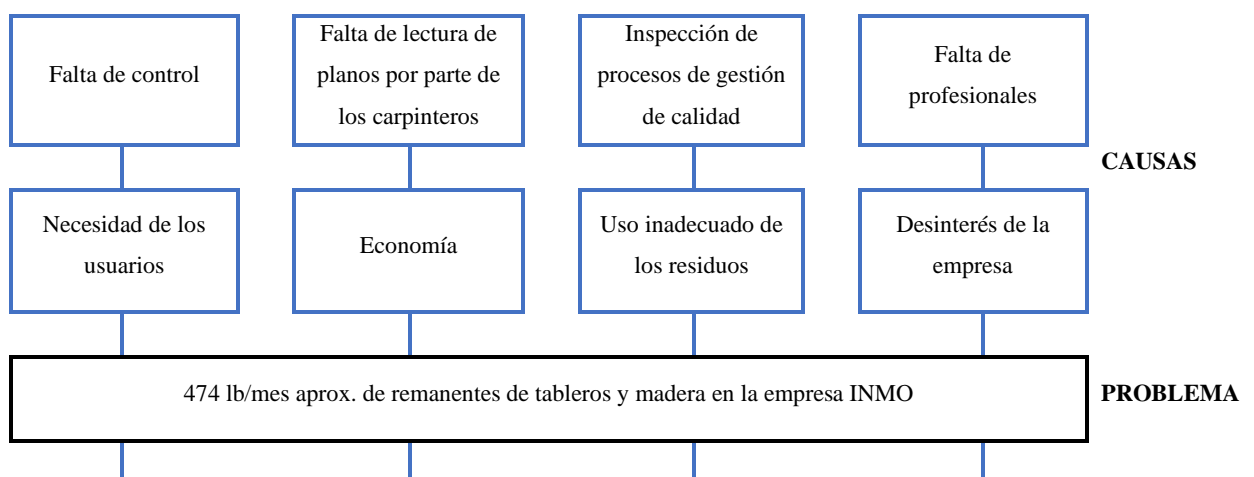
La utilización de estos remanentes en la producción de materiales ensamblados busca minimizar la cantidad de desechos enviados a vertedero y, en su lugar, otorgarles un nuevo propósito y valor. Esta estrategia contribuirá a la gestión sostenible de los recursos naturales y contribuirá a la disminución de la huella ambiental asociada a la producción de materiales.

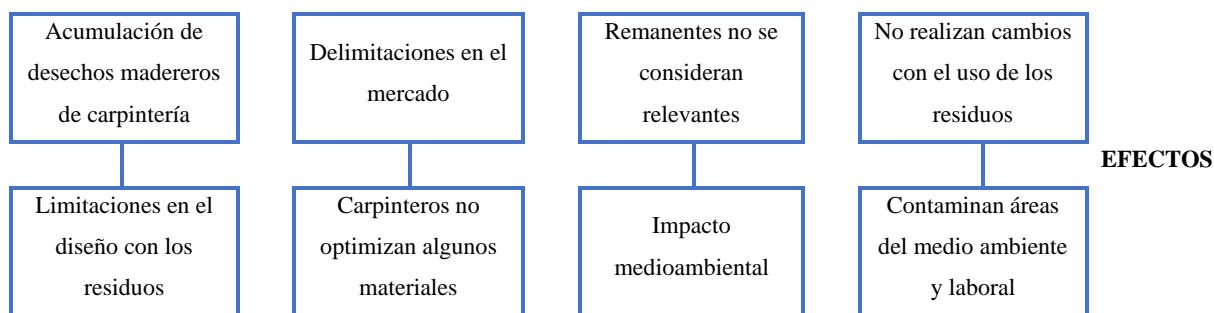
1.2. **Árbol del problema**

A continuación, se describe el árbol de problemas.

Figura 1.

Árbol de problemas





Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba

1.3. Justificación

Actualmente, los residuos obtenidos en la producción de muebles representan un elevado porcentaje generado por la industria maderera, por este motivo es importante fomentar el trabajo sostenible en estos sectores para controlar y aprovechar los residuos que se producen, se considera significativo el reto que representa gestionar los residuos (Gonzalez et al., 2018). Se conoce que los residuos madereros son valorados como un recurso con potencial para generar productos reciclados, así como se pueden emplear para desarrollar materiales ensamblados con sus propiedades, también la biomasa residual se puede aprovechar para la fabricación de nuevos productos, que, en su mayoría sean considerados renovables en la industria de diseño (López-Chalarca et al., 2021).

La biomasa residual en el sector productivo de muebles presenta versatilidad para ser aplicado en productos de carácter sostenible que respondan a necesidades actuales del mercado y el medio ambiente, un problema fundamental es el desconocimiento de su clasificación (Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario, 2012). Según González et al. (2018), los residuos de madera pueden no ser un riesgo ambiental al convertirse en materia prima para generar un nuevo producto, con esto, se conseguiría que la madera residual remplace a materias primas vírgenes, así como a la tala, transporte e incineración en vertederos.

En el mismo sentido, Rodríguez (2018), apuesta por el crecimiento económico a partir de procesos sostenibles diseñados para implementar residuos en nuevos productos, esto mediante la integración de estrategias relacionadas a la economía circular.

Esencialmente, el presente proyecto propone apoyar en la generación de mejoramiento en los procesos de gestión de residuos en una empresa que fabricación de muebles, ubicada en la parroquia de Huambaló, cantón Pelileo, en este caso puntual, la empresa de muebles INMO, la cual produce remanentes de diversos materiales, siendo los más comunes: MDF, trípex y melamina, seike, canelo y laurel, entre otros; como resultado de la fabricación de mobiliario. Actualmente, en los talleres de la empresa, no posee un proceso de clasificación ni un sistema de almacenamiento para los remanentes, para su reutilización y la creación de nuevos productos.

Este hecho plantea la necesidad de explorar la forma en que los residuos de tableros y madera podrían ser aprovechados dentro de la misma empresa, en lugar de ser descartados en terrenos cercanos o utilizados como combustible. Es crucial determinar los procedimientos adecuados para la utilización de la madera residual, con el fin de extender su vida útil y reducir el impacto ambiental asociado a su eliminación inadecuada.

La empresa INMO dedicada al diseño y construcción de muebles, muestra el interés de favorecer al medio ambiente, en este caso, mediante la creación de nuevos productos viables, ya que, por el momento, la empresa no se ha dedicado a gestionar un aprovechamiento de madera residual para generar una diversificación en su la gama de sus diseños, por lo tanto, la empresa pretende añadir esta gestión de residuos en conjunto con la aplicación del diseño industrial. La investigación pretende aportar conocimientos sobre las propiedades físicas y mecánicas de la madera residual, para así contribuir en la gestión de la empresa para que sus los diseños puedan responder a los cambios que requiere el cuidado del medio ambiente, de manera que otra de sus fuentes de su materia prima pueda ser adicionalmente la madera residual.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Caracterizar los tipos de remanentes de madera mediante sus propiedades físicas y mecánicas de tableros y madera para la viabilidad de sus usos, mediante la producción (desarrollo, diseño, experimentación) de materiales ensamblados, en empresas de fabricación de mobiliario, en la provincia de Tungurahua.

1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar una revisión bibliográfica, indagando en la teoría del ecodiseño, metodologías y estrategias aplicadas a la gestión de recursos, para definir los parámetros de investigación.
- Comparar los diversos remanentes (tableros y maderas), que se generan en los procesos de fabricación de muebles en la empresa INMO, para conocer sus propiedades físicas y mecánicas, mediante un cuadro comparativo.
- Experimentar con sistemas de unión y tecnología de encolado en el ensamble de remantes de tableros y madera para que la propuesta y aplicaciones sean viables.
- Validar los resultados de la experimentación de los remanentes de madera y tableros, en función de indicadores, mediante criterios de expertos en el área.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1. Estado del arte

Para el desarrollo del presente proyecto es necesario realizar exploraciones, tanto sobre las propiedades físicas y mecanizas de los remanentes de tableros y madera, se ha podido corroborar que existen investigaciones de pares académicos, las cuales nos ayudaran como referente para nuestra investigación, sin embargo, es importante mencionar que hay poca información disponible sobre la producción de materiales ensamblados con dichos materiales, teniendo en cuenta sus propiedades.

En primer lugar, se cita, dentro de la revista: Tendencias de mercado, innovación y aprovechamiento de residuos sólidos del sector muebles en países de Iberoamérica, la investigación: “CARACTERIZACIÓN Y ALTERNATIVAS DE GESTIÓN DE RESIDUOS EN FÁBRICAS DE MUEBLES DE MADERA EN LA CIUDAD DE BARRANQUILLA, COLOMBIA”, de la que se pueden extraer las siguientes observaciones: el principal objetivo fue presentar alternativas de gestión de residuos en una la fabricación de muebles, teniendo en cuenta la metodología del Modelo de Modernización de la Gestión Organizacional (MMGO) de la Universidad EAN; la metodología de diagnóstico ambiental basada en Producción más Limpia, (PML) y el análisis de documentos patentes (Villanueva et al., 2019).

Por otra parte, los residuos de la madera pueden utilizarse de diversas formas, solos o en combinación con otros elementos. A partir del examen de los registros de patentes, en este estudio se han establecido cuatro categorías: tejidos o artículos fibrosos, tratamiento del agua, materiales de construcción compuestos y generación de energía. Estas amplias categorías sirven como punto de partida para los empresarios que deseen utilizar los remanentes de madera (Villanueva et al., 2019).

En la tesis de maestría de Ingeniería y Desarrollo, se realizó un ANÁLISIS DEL APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LOS RESIDUOS DE LA TRANSFORMACION DE MADERA EN DOS MUNICIPIOS DEL CHOCÓ (COLOMBIA), extrae información sobre las fases para recopilar información

relacionada con el aprovechamiento de los residuos de madera, el tipo de tecnología que se utiliza en los talleres de construcción, así como también las propiedades fisicoquímicas de los residuos (Asprilla Mosquera et al., 2022)

Con relación a la investigación con el tema: PROPUESTA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS GENERADOS EN LA FABRICACIÓN DE MUEBLES WILSON ALVARADO, SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS, elaborado por quien define el método de cuarteo que se basa en la dividir montos de residuos en cuatro partes que se puede llenar en sacos y con una balanza romana, se pesa toda una cuarta parte de la masa, a continuación, se realiza una multiplicación por cuatro, para así lograr un peso aproximado de los residuos. Dicha metodología de cuarteo logra obtener datos relevantes y casi exactos para la elaboración de la presente investigación (López, 2019).

Concluyendo este análisis, esta investigación aporta con estrategias para la gestión sostenible de los residuos sólidos, o remanentes de madera, brindando alternativas que se pueden emplear: diseños creados en la misma empresa o crear vínculos con diferentes empresas, ya que se detallan tres alternativas para aprovechar estos residuos, junto con su concepto y los procesos de elaboración (López, 2019).

Para finalizar, Suirezs & Gison (2010), realiza en el Cuaderno de Cátedra: DESCRIPCIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MÉCANICAS DE LA MADERA, un análisis completo de las propiedades de la madera, y define que puede clasificarse en propiedades científicas y tecnológicas. Las propiedades científicas permiten obtener valores para dichas características, mientras que y las propiedades tecnológicas informan del comportamiento de la madera frente a un determinado uso. Otro detalle importante que considerar es el análisis a profundidad de las propiedades mientras las relaciona con cada característica de los remanentes de madera.

2.2. Conceptualización de variables

Estructurando estratégicamente el apartado teórico de la presente investigación, se dispone en la siguiente figura de la conceptualización de las variables de estudio.

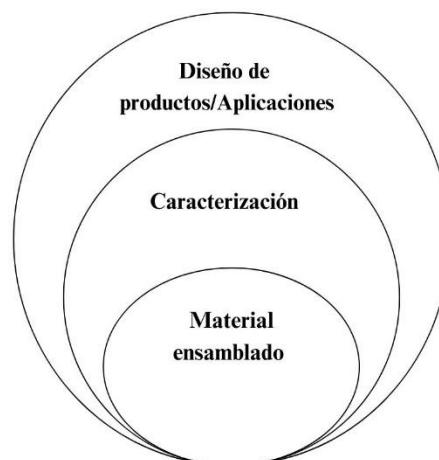
Figura 2.

Conceptualización de variables

Variable Dependiente



Variable Independiente



Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba

2.3. Marco teórico

El presente estudio se centra en investigar las propiedades físicas y mecánicas asociadas a la utilización de remanentes de tableros y madera en la producción de materiales ensamblados, así como evaluar la viabilidad de sus posibles usos. Los materiales ensamblados han ganado gran relevancia en diversos sectores industriales debido a su combinación de propiedades y versatilidad en aplicaciones.

En este contexto, aprovechar los remanentes de tableros y madera como componentes en la fabricación de materiales ensamblados podría no solo reducir el desperdicio de recursos, sino también contribuir a la sostenibilidad y eficiencia en la cadena de producción. Por otro lado, hay que tener presente que este tipo de metodología es parte de la disciplina del Ecodiseño, que considera las estrategias de conservación ambiental, adecuadas en la gestión de este tipo de proyectos y sobre todo en las industrias de fabricación de muebles y las normativas regulatorias especificadas en estos casos.

Para lograr estos objetivos, es crucial comprender a fondo las propiedades físicas y mecánicas de la madera y de los tableros como también de los materiales ensamblados resultantes, así como evaluar su rendimiento en distintos escenarios de uso.

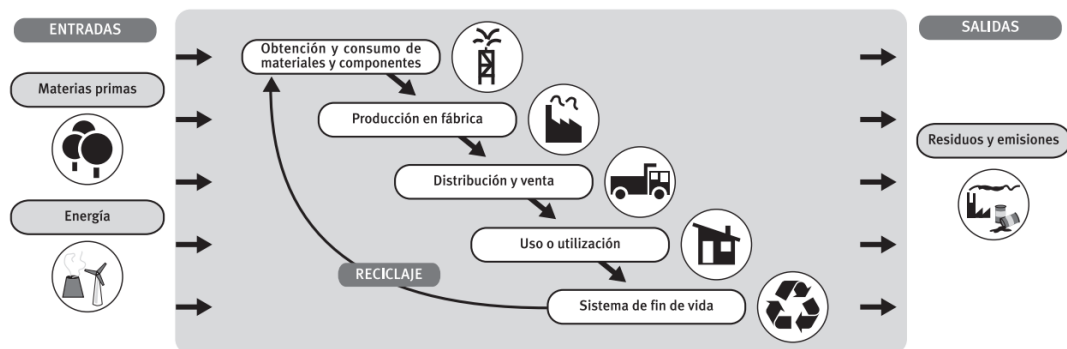
2.3.1. Ecodiseño

La ecología, como disciplina científica, se distingue por su complejidad y su interrelación con avances en diversas ramas de las ciencias biológicas y físicas. El estudio de la ecología ha sido crucial desde los albores de la humanidad. Todos los habitantes de las sociedades prehistóricas necesitaban comprender su entorno, incluidas las fuerzas naturales y las plantas y animales que les rodeaban, para poder sobrevivir. En realidad, el desarrollo de la civilización fue posible gracias al uso del fuego y otras herramientas que permitían modificar el entorno. Pero a medida que la tecnología ha ido avanzando, los seres humanos parecen depender menos del entorno natural para su supervivencia, lo que ha llevado a la raza humana a olvidarse de su necesidad permanente del medio ambiente (Villalobos, 2006).

Por ello, la conexión entre el desarrollo ecológico y los productos o servicios se ha fortalecido en mayor medida, ya que en la creación de estos componentes reutilizables son los que fomentan la preservación del entorno y no resultan perjudiciales para la salud humana. En este contexto, el ecodiseño se describe como un proceso en el cual, mediante una astuta utilización de los recursos disponibles, se aborda la tecnología del diseño y la planificación de manera que se garantiza un beneficio óptimo para todas las partes involucradas y la satisfacción del consumidor, al mismo tiempo que se generan impactos ambientales mínimos (Wolfgang & Rainer, 2003).

Figura 3.

Proceso de Ecodiseño



Nota. Tomado de (Fernández, 2010)

También, el ecodiseño tiene relación con las medidas dirigidas hacia la mejoraría ambiental del producto desde las fases tempranas del proceso de diseño. En las etapas iniciales, existe decisiones cruciales en la elección de materiales y la optimización de procedimientos de fabricación y transporte. Sin embargo, no se debe pasar por alto la importancia de considerar cómo reducir al mínimo los efectos en la etapa final de tratamiento del producto. En otras palabras, abordar el diseño desde una perspectiva de ecodiseño, implica crear una visión integral que contempla todo el ciclo de vida del producto (Rieradevall, 2012).

Adicionalmente, el ecodiseño no se limita únicamente a reducir el efecto en el entorno, sino que va más allá. El acto de "ecodiseñar" implica emular los patrones y colores, presentes en la naturaleza y extraer de ella ideas para la creación de nuevos productos (REPSOL, 2023). Asimismo, contribuye significativamente al desarrollo de la Economía Circular. Algunas de las estrategias notables en el campo del ecodiseño incluyen la exploración de materiales más livianos y de menor huella de carbono. Entre las innovaciones más notables se encuentran los envases y productos comestibles. Asimismo, se han desarrollado numerosas prácticas ejemplares en la esfera del diseño de interiores y mobiliario. Por ejemplo, los palets han ganado popularidad como uno de los materiales primarios para la construcción de muebles, también todas las empresas deberían tomar en cuenta las Normas ISO sobre el cuidado del medio ambiente (REPSOL, 2023).

2.3.1.1. Normas ISO en Ecuador sobre el Ecodiseño en empresas

El Comité Internacional de Estandarización (ISO) introdujo un conjunto de directrices con el propósito de validar el compromiso empresarial con el medio ambiente mediante la aplicación de sistemas de administración ambiental:

- Norma ISO 14001

Es un marco que les posibilita a las empresas evidenciar su dedicación hacia la preservación y el resguardo del medio ambiente al abordar los posibles riesgos ambientales derivados de sus operaciones comerciales (Zambrano-Carranza et al., 2021).

- Norma ISO 14006

Facilita la creación, registro, implementación, sostenimiento y progresiva mejora mediante la aplicación del ecodiseño. Además, promueve el avance en las prácticas medioambientales en todas las etapas del ciclo de vida de un producto, desde su producción hasta su posterior disposición como desecho (SAE, 2018).

- Norma ISO 14062

Esta evaluación se centra en la incorporación de principios ambientales durante el proceso de diseño y desarrollo de cualquier producto o servicio (RECAI, 2020, p. 95).

Por otro lado, en el campo de la Ingeniería de Diseño, aproximadamente el 80% de los efectos ambientales relacionados con un producto durante su ciclo de vida se originan durante su fase de diseño. Las empresas también tienen un lugar muy importante sobre el impacto del medio ambiente en la construcción de sus productos, por ello se toma en cuenta las Normas ISO (VerdeA Consulting, 2020).

Es fundamental considerar aspectos como la biodegradabilidad y la capacidad de reciclaje del producto; no obstante, es aún más crucial enfocarse en cómo se fabrican y conciben desde su inicio. De hecho, de acuerdo con la premisa de las 7R, el acto de "repensar" tiene una relevancia mayor que la de "reciclar", o al menos debería ser una etapa previa que permita evitar una cantidad considerable de residuos (VerdeA Consulting, 2020).

2.3.1.2. Gestión de materiales y residuos, estrategias 7R

La estrategia de las 7R, caracterizada por: Reducción; Recuperación; Reutilización; Reciclaje; Repensar; Reestructurar y Redistribuir. El propósito del reciclaje es orientar a la población hacia el manejo adecuado de los desechos que los humanos arrojan a diario. Estas estrategias abordan cuestiones ambientales relacionadas con el consumo. El reducir la presión sobre los recursos naturales que proporcionan materias primas para la fabricación de todo tipo de bienes; reducir la contaminación provocada por los residuos y el coste de su tratamiento (Carrera et al., 2016).

Figura 4.

Gestión de residuos



Nota. Tomado de (Lara, 2018).

Dentro del de las estrategias de conservación ambiental se distinguen las siguientes actividades clave:

2.3.1.2.1. Reducir

Una de las cuestiones y problemas más acuciantes a resolver en el campo de la ecología y el medio ambiente es el del consumo. Si se afirma que reducir el consumo puede ser perjudicial porque genera problemas económicos (estatismo, recesión), eso está por demostrar (Lara, 2018); por otro lado, el consumo en su nivel actual ha dado lugar al consumismo, es decir, un aumento del consumo apoyado en campañas publicitarias masivas para asegurar la compra de todos los bienes existentes.

2.3.1.2.2. Recuperar

Se trata de seleccionar aquellas partes de un dispositivo que se pueden utilizar en otros dispositivos y que se clasifican en la segunda o primera categoría. Esta opción no ha sido bien aceptada, debido a la preocupación de que, dado que están relacionados con otros equipos rescatados, se necesitará personal calificado para realizar el proceso (Lara, 2018).

Actualmente se cuenta con mecanismos que nos permitirán no generar tantos residuos y recuperar las materias primas y los recursos de nuestros residuos (Bermeo et al., 2018), pero para cambiar las cosas, reducir la cantidad de residuos para que los

ciudadanos realicen nuevas compras es necesario adoptar hábitos. Separación selectiva de diferentes tipos de residuos.

2.3.1.2.3. Reutilizar

El caso de la reutilización va en la misma dirección. Debe reinstalarse como la segunda "R". Una vez que se reduce el consumo, es necesario analizar qué hacer con los bienes o artículos usados e incluso después de eso, pensar en la tercera posibilidad, si es reutilizable (Lara, 2018).

Se trata de reutilizar tanto como sea posible. Algunos países tienen buenos sistemas para la reutilización de botellas, por ejemplo, Alemania y Dinamarca, que cuentan con modernos sistemas de recolección de botellas. Las botellas se pueden reutilizar hasta 20 veces, lo que hace que la reutilización de botellas sea la mejor manera de reducir el impacto ambiental (Bermeo et al., 2018).

2.3.1.2.4. Reciclar

Es una idea que ya está muy arraigada entre la gente. La cuestión no es combatirlo, sino rectificarlo. Demostrar que esta es la tercera opción: Si ya se ha logrado reducir el consumo y reutilizar, se puede empezar en reciclar (Lara, 2018).

Reciclar el uso de materiales varias veces para fabricar otros productos, lo que reduce significativamente el uso de materias primas (Bermeo et al., 2018). La cadena de reciclaje comienza cuando los consumidores separan los envases del producto del resto de los residuos y los depositan en diferentes contenedores según el tipo de residuo.

2.3.1.2.5. Repensar

El acto de repensar nos invita a sumergir una profunda reflexión sobre nuestra forma de vida actual. En un mundo caracterizado por la rapidez y la constante exposición a nuevas tendencias, es fundamental tomarnos el tiempo para cuestionar la autenticidad de nuestras necesidades. Al hacerlo, podemos identificar con mayor claridad cuáles son los aspectos esenciales que realmente contribuyen a nuestro bienestar y cuáles son simplemente accesorios que agregamos a nuestras vidas por influencia externa (Empresa Circular, 2019).

Este proceso de introspección nos lleva a discernir entre lo necesario y lo superfluo. Al analizar nuestras necesidades desde una perspectiva crítica, aprendemos a valorar lo que es vital para nuestro desarrollo y felicidad, y a desvincularnos de las cargas innecesarias. Algunas de las llamadas 'necesidades' que perseguimos pueden ser resultado de la presión social, publicidad o la simple tendencia de querer estar a la par con otros. Repensar nos brinda la oportunidad de liberarnos de estas ataduras y enfocarnos en lo que realmente importa (Empresa Circular, 2019).

2.3.1.2.6. Reestructurar

La idea de reestructurar el sistema económico refleja una evolución necesaria en la manera en que abordamos la producción y el consumo en nuestra sociedad. En la actualidad, muchas economías están impulsadas por la creación y venta de bienes que a menudo son superfluos o impulsados por modas pasajeras. Esto no solo agota los recursos naturales de manera insostenible, sino que también contribuye a una distribución desigual de la riqueza y deja de lado las necesidades fundamentales de gran parte de la población (Caprabo, 2021).

Al abogar por la reestructuración económica, abogamos por un cambio de paradigma. En lugar de producir simplemente por producir, se trata de adoptar una perspectiva más centrada en las personas. Esto implica que la producción y el diseño de bienes deben dirigirse hacia la satisfacción real de las necesidades humanas básicas. Al hacerlo, no solo reducimos el desperdicio y la explotación de recursos, sino que también creamos una economía más justa y equitativa (Caprabo, 2021).

2.3.1.2.7. Redistribuir

Es una aspiración esencial en la búsqueda de justicia y equidad en nuestra sociedad global. En un mundo donde la disparidad de riqueza y acceso a recursos es una realidad palpable, la redistribución se presenta como una respuesta fundamental para asegurar que todos los individuos tengan la oportunidad de disfrutar de una vida digna y plena (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2020).

La redistribución no solo se trata de una cuestión ética, sino también de una medida práctica y necesaria. A medida que la población mundial continúa creciendo y los recursos finitos de nuestro planeta se vuelven más limitados, es esencial

gestionarlos de manera eficiente y justa. Si bien la tecnología y la innovación pueden ayudar a maximizar la producción y el uso de recursos, la distribución desigual actual socava estos esfuerzos al dejar a gran parte de la población sin acceso adecuado a lo que necesitan para su subsistencia y desarrollo (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2020).

Figura 5.

Gestión de residuos



Nota. Tomado de (GreenTechnology, 2018)

2.3.1.3. Residuos de madera y el reciclaje

La estrategia de las 7R es crucial en la industria del mobiliario debido a la inherente generación de residuos de madera en su proceso de fabricación. Este sector, en su producción, inevitablemente genera desechos de madera, resultando en un porcentaje que no se aprovecha y termina siendo descartado. Estos residuos no sólo tienen una repercusión medioambiental al afectar directamente el ecosistema y potenciar la contaminación si no se manejan adecuadamente, sino que también suponen un coste económico para las empresas. La madera no utilizada se convierte en una inversión que no se refleja en el producto final, incrementando los costes y disminuyendo la rentabilidad (ReciclaMás, 2020).

El impacto ecológico de los residuos de madera es un tema complejo que abarca aspectos ambientales, económicos y sociales. Las prácticas sostenibles y la gestión adecuada de estos residuos son esenciales para garantizar un equilibrio entre la producción industrial y la conservación del medio ambiente.

Aunque se reconoce la importancia de incorporar las 7R en los procesos productivos, frecuentemente este enfoque queda relegado ante la urgencia de cumplir con pedidos y demandas de producción. Los residuos generados tienen destinos variados: desde ser donados a talleres artesanales hasta convertirse en carbón. Además, otros desechos son gestionados por empresas de limpieza. Lo que resulta evidente es que las empresas no están aprovechando un potencial beneficio económico derivado de estos remanentes (Solano Benavides et al., 2022).

Esto abre la posibilidad de analizar cómo generan beneficios económicos los artesanos con el uso de estos residuos ya que la humanidad históricamente ha encontrado diversas formas de usar la madera, desde hacer fuego hasta construir refugios y fabricar herramientas.

En Brasil Fábía Escobar, una artista plástica brasileña, utiliza madera descartada como materia prima para su trabajo, que se divide en objetos de arte y decoración. Comenzó su trabajo con madera en 2014, utilizando piezas de antiguas carrocerías de camiones. Su obra combina técnicas de carpintería, escultura, diseño y pintura, inspiradas en mosaicos, tangram, rompecabezas geométricos y arte moderno brasileño (Migliani, 2019).

El proceso de trabajo de Fábía implica encontrar la madera adecuada, limpiarla, lijarla y cortarla. Luego, revela el color natural de la madera y diseña composiciones. Algunas de sus piezas son improvisadas, mientras que otras requieren cálculos precisos y diseño previo en computadora (Migliani, 2019).

Figura 6.

Ejemplo de aplicación



Nota. Tomado de (Migliani, 2019)

El proceso de reciclaje que se presenta es solo una muestra del vasto potencial inherente a los remates, y esto se basa únicamente en una de las 7R. Sin embargo, muchos muebles y estructuras de madera se desechan incorrectamente por no incluir una correcta gestión de materiales y residuos, lo que genera un impacto ambiental.

2.3.2. Impacto en el Medio Ambiente de la madera

El mensaje es claro, y la respuesta de los humanos es lenta, pero la recuperación y el reciclado de la madera tienen un efecto positivo en el medio ambiente al reducir la necesidad de madera virgen. (Villalobos, 2006).

La madera desempeña un papel importante como un almacén natural de dióxido de carbono (CO₂). Durante el VI Congreso Nacional de Medio Ambiente, Carlos Carvajal Campiez destacó que los árboles tienen la capacidad de procesar y capturar aproximadamente 1,85 toneladas de CO₂ para producir una tonelada de madera con un contenido de humedad del 0%. Este proceso contribuye significativamente a la reducción del efecto invernadero y sus consecuencias ambientales.

Además de su capacidad de almacenar CO₂, la gestión sostenible de los bosques garantiza un recurso renovable de madera para futuras generaciones, manteniendo al mismo tiempo la biodiversidad y salud del ecosistema forestal. Cuando se practica una silvicultura sostenible, los bosques no solo proveen madera, sino también una serie de servicios ecosistémicos, como la purificación del agua, la protección contra la erosión y el hábitat para innumerables especies (FAO, 2023).

Asimismo, es esencial mencionar que, más allá del reciclaje, es fundamental reducir el desperdicio de madera en primer lugar. Una gestión eficiente desde la extracción hasta la manufactura y el consumo puede minimizar la cantidad de madera que necesita ser reciclada o descartada (Enrique, 2018).

Finalmente, el reciclaje y la reutilización de la madera no solo disminuyen la demanda de madera virgen, sino que también reducen la energía y el agua necesarias en el proceso de producción, en comparación con el uso de madera nueva. Además, aprovechar la madera reciclada evita la emisión de gases de efecto invernadero asociados con la descomposición de materiales de madera en vertederos (Enrique, 2018).

Por lo tanto, la promoción de prácticas sostenibles en la gestión, uso y reciclaje de la madera es esencial para un futuro más ecológico y sostenible.

2.3.3. Madera

La madera es un tejido característico de los vegetales con estructuras especializadas y distintivas. Está compuesta por células que se pueden comparar con tubos huecos, donde la pared del tubo representa la pared celular y el espacio interior representa el lumen de la célula. En términos generales, la madera se compone principalmente de estas células, cuyo tamaño, forma y distribución, junto con otros elementos anatómicos como los radios leñosos, la presencia de canales resiníferos o de vasos, determinan las diferentes especies de madera. Estas características tubulares son las responsables de las propiedades de la madera, las cuales dependen en gran medida de las propiedades de la pared celular (Aguilar & Guzowski, 2011).

Figura 7.

Gestión de residuos



Nota. Tomado de (Maderas Primavera, 2019)

2.3.3.1. Clasificación de la manera

Las maderas pueden clasificarse de muy diversas formas, según el criterio que se considere. En este caso, se emplea la determinada por Hervás (2012), de la siguiente manera:

- Nivel de Dureza

- Nivel de Humedad

Con respecto al grado de dureza (el más común), existen dos categorías principales de madera:

Figura 8.

División de las maderas



Nota. Tomado de (Italporte RD, 2022)

- Maderas blandas: Estas maderas provienen de árboles de hoja perenne y son maderas blandas. Estos incluyen, por ejemplo, pino, ciprés, abeto y abeto. Son livianos, crecen rápidamente (los anillos de crecimiento son fácilmente visibles), de colores claros, tienen pocos nudos, son fáciles de trabajar y son económicos. Se utilizan para tareas que no requieren mucha fuerza, como empaques, cajas, tableros, muebles funcionales simples y producción de pulpa.
- Madera dura: estas maderas provienen de árboles de hoja caduca. Algunos ejemplos son el roble, el castaño, el nogal, el olmo y la caoba. Son maderas densas, con poca resina y pocos nudos. Presentan una amplia gama de colores, alta densidad y crecimiento lento (los anillos anuales están muy juntos y son difíciles de diferenciar). Son más difíciles de trabajar, pero su calidad y precio son generalmente más altos. Se utilizan en carpintería, refuerzo de muebles, instrumentos musicales, interiores de barcos y andamios de construcción (Hervás, 2012).

2.3.3.2. Propiedades de la madera

La madera tiene propiedades físicas y mecánicas que la convierten en un material muy interesante para la construcción interior y exterior de las viviendas. Se define ciertas características: aislante, resistente, renovable, entre otras. Las propiedades de resistencia de la madera son de suma importancia en la construcción. En general se podría decir que, cuanto más pesada es la madera, es más fuerte (Suirezs & Gilson, 2010).

2.3.3.2.1. Propiedades físicas de la madera

Las características físicas de la madera son aquellas que definen cómo se comporta frente a los diversos elementos presentes en su entorno natural, sin ocasionar cambios tanto en su estructura mecánica como en su composición química. Estas propiedades engloban a las que determinan su comportamiento (Feliú, 2015):

- Iluminación (color, brillo y textura)
- Posibilidad de emitir partículas gaseosas (olor)
- Agua (contenido de humedad, sorción, hinchazón, merma)
- Gravedad (peso específico, densidad, porosidad)
- Calor (conductividad térmica, gradiente de temperatura, dilatación térmica)

Ahora bien, para el interés del presente trabajo investigativo, se mencionan las que son relevantes, a considerar para el trabajo de investigación:

- **Humedad de la madera**

El contenido de humedad de la madera se refiere a la cantidad de agua presente en la madera y se expresa como un porcentaje de la masa libre de humedad. La fórmula utilizada para calcular el contenido de humedad, "h", es la siguiente:

$$h = \frac{Ph - P0}{P0} * 100$$

En esta fórmula, "Ph" representa el peso de la probeta en estado húmedo, mientras que "P0" representa el peso de la probeta libre de humedad, obtenido

mediante el proceso de desecación en una estufa a una temperatura específica de 103 ± 2 °C. En la fórmula, el numerador indica la masa de agua presente en la madera (Aguilar J & Guzows E, 2011).

Dada la fórmula mencionada, es esencial entender cómo la relación entre el peso húmedo y el peso seco de una probeta de madera refleja directamente el contenido de humedad de la misma. Este contenido de humedad, como se deduce, no solo afecta el peso de la madera, sino también sus dimensiones físicas. Por lo tanto, el cálculo correcto del contenido de humedad es crucial para prever y comprender las posibles variaciones dimensionales que puede experimentar la madera en diferentes condiciones ambientales. Estas variaciones dimensionales, como la hinchazón o merma, tienen implicaciones prácticas en la carpintería y la construcción, ya que pueden afectar la integridad y la estética de las piezas de madera.

- **Hinchazón y merma de la madera**

La variación en el contenido de humedad afecta las dimensiones de la madera. Cuando el contenido de humedad aumenta, la madera se hincha, y cuando disminuye, se contrae o encoge. Estos cambios solo ocurren cuando el contenido de humedad es inferior al punto de saturación de las fibras (aproximadamente alrededor del 30%). A partir del 30%, solo se produce un aumento de peso y el volumen de la madera se mantiene prácticamente constante en la madera (Aguilar & Guzowski, 2011).

Debido a su anisotropía, las variaciones dimensionales no son las mismas en las direcciones axial, radial y tangencial. Estas contracciones o encogimientos también afectan al volumen de la madera. Para evaluar estos efectos, se utilizan coeficientes de contracción, como la contracción volumétrica total, la contracción tangencial y la contracción radial. La diferencia entre la contracción radial y la tangencial es la razón por la cual la madera se deforma durante el proceso de secado. Por esta razón, en la ebanistería se prefieren maderas con contracciones radiales y tangenciales similares, y se valora más aquellas maderas con una menor diferencia entre ambas. Según sus coeficientes de contracción, la madera se clasifica en diferentes categorías: muy nerviosa, nerviosa, moderadamente nerviosa y poco nerviosa (Aguilar & Guzowski, 2011).

- **Densidad**

La densidad de la madera se define como la relación entre su masa y su volumen, y es necesario especificar un contenido de humedad específico, generalmente el 12%. La densidad de la madera varía considerablemente, especialmente en el caso de las coníferas, que son ampliamente utilizadas en la construcción. Estas coníferas tienen una densidad que oscila entre 400 y 550 kg/m³, mientras que las frondosas tienen una densidad de 600 a 700 kg/m³. Según su densidad, se pueden clasificar en diferentes categorías, como muy ligera, ligera, semipesada, pesada o muy pesada (MaderaPedia, 2019).

La densidad de la madera desempeña un papel fundamental en la carpintería, afectando su trabajabilidad, durabilidad, acabado y estabilidad dimensional. Si bien las maderas densas son más resistentes, suelen ser más desafiantes de trabajar. A menudo presentan un grano cerrado, otorgando acabados uniformes, aunque pueden resistir la absorción de tintes y selladores. Además, la densidad dicta el peso de la madera y realza sus propiedades acústicas y estéticas; las maderas densas, con patrones de grano más marcados, ofrecen acabados visualmente atractivos. Por ello, es esencial que los carpinteros elijan la densidad correcta de madera según el propósito del proyecto (MaderaPedia, 2019).

- **Dureza**

La dureza de la madera se refiere a la resistencia que ofrece frente a la penetración de objetos extraños, como herramientas, clavos, tornillos, entre otros. Esta propiedad está relacionada con la densidad de la madera y desempeña un papel importante en la facilidad o dificultad de trabajarla, ya sea de forma manual o mediante maquinaria. Las maderas se clasifican generalmente en tres categorías: blandas, semiduras y duras (La Cuarta Construcción, 2022).

En carpintería, comprender la distinción entre maderas duras y blandas es esencial. Esta clasificación, que se basa en la procedencia y características del árbol, determina aspectos clave como resistencia, durabilidad y aplicabilidad. Cada tipo de madera se adecúa a diferentes usos y requisitos. Por tanto, al conocer su naturaleza, ya sea dura o blanda, el carpintero puede elegir el material más adecuado para su proyecto, garantizando no solo estética sino también funcionalidad y longevidad.

Maderas duras: Estas maderas provienen de árboles de crecimiento lento y suelen ser más resistentes, aunque también más costosas. Algunas maderas duras mencionadas son:

- Caoba: Ideal para muebles elaborados y zonas con alta humedad.
- Roble: Utilizado en pisos, muebles y revestimientos interiores.
- Nogal: Perfecto para muebles, gabinetes, puertas y adornos.
- Cerezo: Se utiliza en muebles, sillas y revestimientos.

Maderas blandas: Proceden de árboles de corto crecimiento, son más ligeras y generalmente más económicas. Algunas maderas blandas mencionadas son:

- Pino: Ampliamente utilizado en carpintería y construcción.
- Cedro: Adecuado para la construcción de casas y revestimiento de muebles (La Cuarta Construcción, 2022).

2.3.3.2.2. Propiedades mecánicas de la madera

Debido a la estructura anisotrópica de la madera, es necesario considerar las propiedades mecánicas en la dirección perpendicular y paralela a las fibras. Esta característica es la principal diferencia en el comportamiento de la madera en comparación con otros materiales estructurales como el acero y el hormigón. Las resistencias y módulos de elasticidad en la dirección paralela a las fibras son significativamente mayores que en la dirección perpendicular.

Para comprender las capacidades estructurales de la madera, es esencial analizar sus características mecánicas y compararlas con las de otros materiales. En la tabla se presentan los valores promedio de las tensiones admisibles de la madera, el hormigón y el acero, para poder realizar esta comparación.

Tabla 1.
Las tensiones admisibles en kp/cm^2 de la madera

	Flexión	Tracción	Compresión	Cortante	Módulo de elasticidad		
Madera	120	120	1,5	110	28	12	110 000

Nota. Elaborado por la Evelyn Niachimba, información tomada de (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera, 2011).

Las conclusiones al realizar un análisis en lo referente a la resistencia de los distintos tipos de madera, y se pueden extraer son las siguientes:

- a. La madera tiene una resistencia a la flexión muy alta, especialmente en relación con su peso.
- b. Presenta una buena capacidad de resistencia a la tracción y a la compresión en la dirección paralela a las fibras.
- c. Tiene una resistencia al cortante limitada.
- d. La madera tiene una resistencia muy baja a la compresión y a la tracción en dirección perpendicular a las fibras. Especialmente en tracción, lo cual es una característica distintiva en comparación con otros materiales(Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera, 2011).

Abordando una explicación más detallada en los conceptos dedicados a la revisión de las propiedades, se considera propiedades y ejemplos de aplicaciones de la madera.

Tabla 2.
Propiedades mecánicas y ejemplos de aplicación

Propiedad	Valor N/mm²	Ejemplos
	Comentarios	
Flexión	14 – 30 Elevada comparada con su peso	Vigas forjado
Tracción paralela	8 – 18 Elevada, correcta ejecución de las uniones para que trabaje en esta dirección	Tirantes pendolones
Tracción perpendicular	0,3 – 0,4 Muy baja	MLE Piezas curvas
Compresión paralela	16 – 23 Se ha de comprobar la inestabilidad de las piezas (pandeo)	Pilares

Compresión perpendicular	4,3 – 5,7 Baja, se produce un aplastamiento sin llegar a la rotura	Zonas de apoyo
Cortante		
- rodadura	1,7 – 3,0	Vigas poca luz y gran canto
- deslizamiento	Baja, se produce en casos muy concreto	Vigas doble T
- cilladura		
	$E / G = 16$	
Módulo de elasticidad y cortante	$E \text{ paralelo} = 7 - 12\ 000$ $E \text{ perpendicular} = E \text{ paralelo} / 30$ Debido a la anisotropía se utilizan los módulos de elasticidad (E) en la dirección paralela y perpendicular y el módulo de cortante (G)	

Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba, información tomada de (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera, 2011).

El conocimiento de las propiedades mecánicas de la madera es esencial en carpintería y ebanistería, pues estas determinan su resistencia y durabilidad ante distintas cargas y tensiones. Este entendimiento no sólo guía al profesional en la elección del material idóneo, cómo seleccionar madera apta para soportar el peso de una silla o los impactos sobre una mesa, sino que también permite diseñar muebles y estructuras que distribuyan las cargas de manera eficaz, minimizando deformaciones o fallos. En última instancia, al comprender profundamente estas propiedades, se garantiza que las diversas aplicaciones de madera disfruten de una mayor durabilidad, resistiendo el desgaste y otros factores que podrían amenazar su vida útil.

2.3.3.3. Aplicaciones de la madera

A lo largo de la historia, la madera ha sido ampliamente utilizada en la construcción, especialmente en columnas y vigas. Sin embargo, en la actualidad, ha sido reemplazada en gran medida por materiales como el hormigón y el acero. Aunque ha perdido terreno en la construcción, aún se utiliza en diversas aplicaciones, tales como (Hervás, 2012):

- Puertas, ventanas, marcos y muebles en general. Especialmente se prefieren maderas con alta resistencia mecánica, como el pino, abeto y cedro.

- Muebles y carpintería interior. Se buscan maderas que presenten vetas atractivas y que permitan un buen acabado, como la haya, fresno, nogal y roble.
- Muebles de lujo, esculturas e instrumentos musicales. Aquí se utilizan maderas exóticas como la caoba y el ébano. Estas maderas también se laminan en capas delgadas de 0,4 a 0,6 mm para revestir tableros de maderas más económicas.

Como se puede observar la madera posee una amplia gama de aplicaciones. Esta versatilidad se debe en gran parte a su diversa tipología. Diferentes tipos de maderas ya sean duras como el roble y el nogal o blandas como el pino y el cedro, ofrecen características únicas en términos de resistencia, textura y apariencia. Esta variedad en la tipología de la madera permite que se adapte y se utilice de manera óptima en distintos ámbitos, garantizando siempre la elección del tipo adecuado para cada aplicación específica.

2.3.3.4. Tipología de la madera

En este apartado, se aborda a la madera desde su visión tipológica, y como uno de los materiales más antiguos y versátiles utilizados por el ser humano. Sus propiedades únicas y su amplia disponibilidad la convierten en una opción popular en diversas aplicaciones, desde la construcción hasta la fabricación de muebles y objetos decorativos. Sin embargo, no todas las maderas son iguales, ya que existen diferentes tipos de madera, cada uno con características distintas para diferentes usos. A continuación, se explorarán los principales tipos de madera, sus propiedades, usos comunes y algunas consideraciones importantes al trabajar con ellos (Feliú, 2015).

Ahora bien, es importante mencionar que, en cuanto a la selección tipológica de madera que será abordada, esta se realizará en base a la práctica actual de la empresa de muebles INMO, ubicada en Huambaló, parroquia rural del cantón Pelileo, Tungurahua, de acuerdo a la información recabada en la empresa. En esta empresa, se utilizan diversos tipos de madera, entre los que usan, generalmente, se encuentran: canelo, laurel y seike, empleados para la fabricación de muebles, y se generan, por consiguiente, remanentes de estas maderas. Adicionalmente, hay que destacar que se hará un análisis detallado de las sus propiedades de las tipologías seleccionadas.

2.3.3.4.1. Canelo

Originaria del Oriente ecuatoriano, esta variedad de madera exhibe una densidad básica que oscila entre 0.40 y 0.45 g/cm³, lo que la clasifica como moderadamente pesada. Los árboles de esta especie alcanzan una altura de hasta 20 metros y un diámetro de aproximadamente 60 cm. Su período de crecimiento es de 20 años, lo que significa que tarda ese tiempo en alcanzar su nivel de madurez adecuado para su procesamiento. La madera se utiliza en una amplia gama de aplicaciones, destacando su valor en la construcción y en la fabricación de muebles (Galindo J, 2020).

Figura 9.

Apariencia de la madera de canelo



Nota. Tomado de (Espinosa Abad et al., 2018)

La madera de canelo se caracteriza por ser originaria de árboles de altura media, alcanzando un promedio de alrededor de 16 metros. Su tronco, en su punto máximo, tiene una longitud menor, aproximadamente 0,45 metros. En términos de crecimiento, se considera que la madera de canelo tiene una tasa de crecimiento media (Rodríguez, 1998).

Tabla 3.

Revisión de las características de físicas del canelo

Propiedades	Menor	Medio	Mayor	Valores
Altura del árbol (m)		•		16
Máximo del tronco (m)	•			0,45
Crecimiento		•		Medio
Mínimo de corte (m)				0,40
Edad de corta final (años)				18
Costo		•		Medio

Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba, información tomada de (Espinosa Abad et al., 2018)

Cuando se trata de la longitud mínima de corte, se estima que se requiere un mínimo de 0,40 metros para obtener un buen aprovechamiento de la madera. En cuanto a la edad de corta final, se recomienda esperar al menos 18 años antes de realizar la tala, permitiendo así que el árbol alcance su madurez y se obtenga una calidad óptima de la madera.

En cuanto al costo, la madera de canelo se encuentra en un rango promedio en comparación con otras variedades. El costo de adquirir esta madera está influenciado por factores como la oferta y demanda, así como la accesibilidad a los recursos forestales.

En resumen, la madera de canelo proviene de árboles de altura media y presenta un tronco de longitud menor. Su crecimiento se considera medio, y se requiere un mínimo de corte de 0,40 metros. La edad de corta final recomendada es de 18 años, y en términos de costo, se encuentra en un rango medio (Rodríguez, 1998).

Las propiedades arquitectónicas del canelo se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 4.

Revisión de las propiedades arquitectónicas del canelo

Propiedades arquitectónicas	Menor	Medio	Mayor
Resistencia al agua		•	
Resistencia a plagas			•
Resistencia a factores externos		•	
Textura		•	
Brillo			•
Veteado longitudinal			•
Veteado tangencial		•	

Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba, información tomada de (Espinosa Abad et al., 2018).

La madera de canelo tiene una resistencia moderada al agua. Esto significa, para mantener su integridad a largo tiempo, es necesario tomar precauciones

adicionales como aplicar selladores o tratamientos protectores, contiene también una mayor resistencia a la perforación. Esta propiedad es especialmente valiosa, ya que indica que es menos probable que resulte dañada o atacada por insectos y otros organismos. Esto la convierte en una buena opción para aplicaciones arquitectónicas en las que la madera está expuesta a posibles infestaciones de pitones (Espinosa Abad et al., 2018).

La madera de canelo se clasifica en un nivel medio en cuanto a resistencia a factores externos como la exposición a la humedad o los cambios de temperatura. Aunque presenta cierta resistencia a estos factores, se debe tomar las medidas de protección y mantenimiento adecuadas para garantizar su longevidad y mantener su atractivo estético. Así mismo, tiene una textura media en términos de textura. Esto implica que tiene una superficie bastante regular y lisa, que presenta ciertos rasgos naturales que dan carácter y atractivo visual a las estructuras o componentes creados con esta madera (Espinosa Abad et al., 2018).

En cuanto al brillo, se destaca por un brillo más intenso. Esta propiedad le confiere un aspecto atractivo y llamativo, que puede resultar beneficioso.

La madera de canelo tiene un veteado longitudinal mayor con líneas y patrones reconocibles que la atraviesan, lo que confiere a las estructuras producidas con esta madera una calidad estética distintiva. El veteado tangencial tiene una calidad media, con patrones algo discernibles, pero menos prominentes (Espinoza, 2018).

Revisando las propiedades físicas del canelo, se revisa la siguiente tabla.

Tabla 5.
Revisión de las propiedades físicas del canelo

Propiedades físicas y mecánicas	Valores
Clase resistente	C27
Densidad (kg/m ³)	450
Módulo de Elasticidad principal (kN/mm ²)	11,5
Módulo de Cortante principal (kN/mm ²)	0,72
Resistencia de flexión (N/mm ²)	27
Resistencia de tracción 0 (N/mm ²)	16
Resistencia de tracción 90 (N/mm ²)	0,6

Resistencia de compresión 0 (N/mm ²)	22
Resistencia de compresión 90 (N/mm ²)	2,6
Resistencia a cortante (N/mm ²)	2,8

Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba, información tomada de (Espinosa Abad et al., 2018).

En el cuadro anterior se presentan propiedades físicas de la madera de canelo, destacando su densidad de 450 kg/m³. Esta propiedad indica la cantidad de madera contenida en un volumen específico y es relevante al seleccionar madera para diferentes usos, ya que la densidad afecta la resistencia y durabilidad del material.

Además, la madera de canelo tiene un alto módulo elástico principal de 11,5 kN/mm². Este valor representa la capacidad de la madera para deformarse elásticamente bajo la influencia de fuerzas externas. Un módulo elástico elevado indica una gran resistencia a la deformación y la capacidad de recuperar su forma original después de ser sometida a una carga.

En términos de resistencia a la flexión, la madera de canelo está clasificada como C27, lo que significa que tiene una resistencia a la flexión de alrededor de 27 N/mm². Esta clasificación se utiliza para evaluar la idoneidad de un material para aplicaciones estructurales que requieren una resistencia a la flexión moderada.

También se puede usar en las siguientes áreas:

- Estructuras
- Construcción: elementos estructurales
- Ebanistería
- Fabricar canoas

2.3.3.4.2. Laurel del oriente

Los árboles de esta variedad exhiben troncos rectos y cilíndricos con numerosas ramas. Pueden alcanzar alturas de hasta 40 metros y diámetros de hasta 2 metros en las áreas más favorables. Una gran parte del tronco carece de ramas y emana un agradable aroma distintivo. Se trata de una especie perenne muy similar a la tapa,

aunque se diferencia de esta por tener ramas menos colgantes, hojas menos cerradas y frutos con pedúnculos notablemente más largos.

Figura 10.

Apariencia de la madera de laurel de oriente



Nota. Tomado de (Espinosa Abad et al., 2018)

Dentro de las características del laurel, se dispone de las siguientes (Tapia et al., 2014):

- Color: La madera presenta una tonalidad blanca grisácea en la albura y una variación del blanco beige al amarillo dorado en el duramen. Algunas especies pueden tener un tono gris ceniza. La diferencia entre la albura y el duramen no es muy pronunciada, y los radios leñosos son visibles y delgados.
- Fibra: La fibra de la madera presenta un ligero entrelazamiento.
- Grano: En el laurel, este es de tamaño medio.
- Densidad: La densidad del laurel es semipesada, aproximadamente 540 kg/m^3 al 12% de humedad.
- Dureza: La madera de laurel de Oriente se clasifica como blanda en términos de dureza.
- Durabilidad: La madera de laurel se considera tener una resistencia moderada a buena contra los hongos, dependiendo de la especie. También muestra una buena resistencia a los insectos, pero una baja resistencia a las termitas.
- Estabilidad dimensional: Coeficiente de contracción volumétrica: 0,48, lo que indica que la madera de laurel tiene una estabilidad moderada en términos de contracción.

Con la finalidad de lograr una mejor comprensión, se elaboró una tabla para especificar las características principales:

Tabla 6.

Revisión de las propiedades generales del laurel de oriente

Propiedades	Menor	Medio	Mayor	Valores o rangos
Altura del árbol (m)			•	Hasta 40
Máximo del tronco (m)			•	0,70-0,80
Crecimiento		•		Medio
Mínimo de corte (m)				0,40
Edad de corta final (años)				20
Costo		•		Medio

Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba, tomado de (Espinosa Abad et al., 2018).

Debido a su impresionante altura de hasta 40 metros, el laurel es apreciado, lo que lo convierte en el material ideal para obtener largas piezas de madera. Esto es especialmente ventajoso a la hora de construir componentes estructurales como vigas y postes y de fabricar muebles, ya que permite diseños elegantes y prácticos. Además, su diámetro máximo oscila entre 0,70 y 0,80 metros, lo que se traduce en piezas de madera más anchas que aumentan la resistencia y estabilidad de las estructuras construidas con esta madera (Tapia et al., 2014).

El crecimiento moderado del laurel Oriental conduce a una combinación equilibrada de resistencia y durabilidad en su madera. Esto evita la excesiva ligereza o densidad que pueden ser características indeseables de otros tipos de crecimiento. Además, su longitud mínima de corta de 0,40 metros es ventajosa ya que permite obtener un mayor número de piezas útiles de un solo árbol, aumentando la productividad y el aprovechamiento de los recursos forestales.

La edad de corte final de 20 años, importante para la gestión forestal, permite que el árbol alcance la madurez y desarrolle las características de madera deseadas. Esto garantiza la obtención de la mejor materia prima para diversos proyectos,

asegurando un abastecimiento sostenible y evitando la tala prematura que puede afectar negativamente a los bosques.

El precio de esta madera de laurel oriental se sitúa en la gama media de precios, lo que la convierte en una opción atractiva en términos de relación calidad-precio. Aunque estos pueden variar en función de la oferta y la demanda, esta madera ofrece buena calidad sin incurrir en costes desorbitados.

Dentro de las propiedades arquitectónicas del laurel de oriente, se dispone la siguiente tabla que detalla particularidades del mismo.

Tabla 7.

Revisión de las propiedades arquitectónicas del laurel de oriente

Propiedades	Menor	Medio	Mayor
Resistencia al agua			•
Resistencia a plagas			•
Resistencia a factores externos	•		
Textura		•	
Brillo		•	
Veteado longitudinal			•
Veteado tangencial			•

Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba, tomado de (Espinosa Abad et al., 2018).

El laurel de Oriente es una madera con mayor resistencia al agua, lo que la hace adecuada para aplicaciones que requieren una buena durabilidad en ambientes húmedos. Además, tiene una gran resistencia a los hongos, lo que la convierte en una excelente elección para prevenir daños causados por termitas o insectos (Tapia et al., 2014).

Esta madera tiene menos resistencia a los factores externos. Esto significa que puede ser más vulnerable a la degradación si se expone constantemente a condiciones climáticas desfavorables o a la luz solar directa. Por lo tanto, se aconseja protegerlo adecuadamente mientras se utilice en el exterior.

Además, tiene una textura media. Esto implica que tiene una superficie más bien lisa y homogénea, lo que permite crear un acabado sofisticado y agradable al tacto.

Se considera que esta madera, tiene un brillo medio. Esto sugiere que tiene un aspecto naturalmente lustroso, aunque no es tan intenso como otras especies, con un alto brillo.

El laurel de Oriente presenta un mayor veteado longitudinal y tangencial. Esto significa que la madera presenta líneas o patrones longitudinales y tangenciales prominentes, lo que le confiere una cualidad estética atractiva y distintiva.

Revisando las propiedades físicas y mecánicas del laurel de oriente, se describen las presentadas en la siguiente tabla, en la que se detalla densidades, resistencias a distintas condiciones.

Tabla 8.

Revisión de las propiedades físicas y mecánicas del laurel de oriente

Propiedades físicas y mecánicas	Valores
Clase resistente	C16
Densidad (kg/m ³)	370
Módulo de Elasticidad principal (N/mm ²)	8
Módulo de Cortante principal (N/mm ²)	0,50
Resistencia de flexión (N/mm ²)	16
Resistencia de tracción 0 (N/mm ²)	10
Resistencia de tracción 90 (N/mm ²)	0,5
Resistencia de compresión 0 (N/mm ²)	17
Resistencia de compresión 90 (N/mm ²)	2,2
Resistencia a cortante (N/mm ²)	1,8

Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba, tomado de (Espinosa Abad et al., 2018).

Pasando a las características físicas y mecánicas, el laurel de Oriente tiene una densidad de 370 kg/m³, lo que repercute en su resistencia y durabilidad. Su módulo elástico principal es de 8 kN/mm², lo que indica su rigidez y capacidad de flexión elástica bajo carga.

También está clasificado como C16 en cuanto a su resistencia estructural, lo que demuestra su capacidad para soportar cargas. Además, tiene una resistencia a la flexión de 16 N/mm^2 , lo que lo califica para su uso en vigas y mesas.

Ofrece una resistencia a la tracción de 10 N/mm^2 en dirección paralela a la veta y de $0,5 \text{ N/mm}^2$ en dirección perpendicular a la veta en cuanto a resistencia a la tracción y a la compresión. En cuanto a la compresión, presenta una resistencia de 17 N/mm^2 en la dirección paralela al grano y de $2,2 \text{ N/mm}^2$ en la dirección opuesta. Estas características demuestran su capacidad para soportar fuerzas procedentes de muchas direcciones.

Además, el laurel de Oriente presenta una resistencia a la fuerza de corte de $1,8 \text{ N/mm}^2$, lo que demuestra su capacidad para soportar las fuerzas de corte aplicadas a su estructura.

Dentro del uso del laurel de oriente, se entiende que esta especie se emplea ampliamente en la industria de la construcción, donde se utiliza para revestimientos interiores, puertas interiores, mobiliario, ventanas, cielos rasos, molduras y encofrados. Además, uno de los usos más significativos es su aplicación en la fabricación de tableros contrachapados y chapas. Asimismo, esta madera es altamente valorada en la construcción de viviendas y en la fabricación de juguetes.

2.3.3.4.3. Seike

El seike es famoso por ser una madera de gran calidad, con una fuerza y resistencia excepcionales que superan incluso al laurel y otras especies de madera. Debido a estas excepcionales características, el seike ha visto aumentar su demanda en el mercado mundial, sobre todo para la fabricación de muebles exclusivos de alta gama (Ecuador Forestal, 2010).

Figura 11.

Apariencia de la madera de seiqui



Nota. Tomado de (Espinosa Abad et al., 2018)

Esta madera se presta muy bien a ser lacada o pintada en una variedad de exquisitos colores. Las coloraciones tradicionales como wengue, negro y miel, se han favorecido para resaltar su belleza inherente. Pero, hoy en día, también es habitual pintar el seike en colores más contemporáneos como el champán, el grigio, el beige y otros tonos neutros. La versatilidad en la selección de colores permite que los muebles en esta madera Seike se adapten a una gran variedad de estilos y preferencias de diseño.

Dentro de las características del seike se revisan generalidades tales como dimensiones de especímenes más comunes y el tema de costos.

Tabla 9.

Revisión de las propiedades generales del seike

Propiedad	Menor	Medio	Mayor	Valores o rangos
Altura del árbol (m)			•	40-50
Máximo del tronco (m)			•	1,50
Crecimiento			•	Rápido
Mínimo de corte (m)				0,50
Edad de corta final (años)				16-20
Costo		•		Medio

Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba, tomado de (Espinosa Abad et al., 2018).

El seike es una madera con características distintivas que la convierten en una opción deseable en diversas aplicaciones y en base a lo descrito en el documento de Ecuador Forestal (2010), se puede mencionar concluir:

Los árboles alcanzan alturas superiores en relación con su tamaño, a menudo entre 40 y 50 metros. Además, tienen un diámetro máximo de alrededor de 1,5 metros para su entramado, lo que proporciona una buena cantidad de madera aprovechable. También se destaca por su rápido crecimiento, que se traduce en la capacidad de obtener madera en poco tiempo. Esto supone una ventaja en términos de productividad y disponibilidad de materia prima (Ecuador Forestal, 2010).

En cuanto al corte, el seike permite un corte mínimo de unos 0,50 metros, lo que proporciona flexibilidad a la hora de obtener diversas piezas y dimensiones de madera. La edad media de madurez de esta madera, oscila entre los 16 y los 20 años,

lo que indica que, en comparación con otras especies, se necesita menos tiempo para obtener madera de alta calidad. El precio del se situa en la gama media, lo que lo hace adecuado para una gran variedad de usos y aplicaciones.

En conclusión, el seike destaca por su altura y diámetro, su rápido crecimiento, su capacidad para ser cortado a una edad muy temprana y un precio asequible en comparación con otras frondosas. Estas características la convierten en una elección atractiva para una gran variedad de proyectos y aplicaciones.

Dentro de las propiedades arquitectónicas del seike, se disponen particularidades como la resistencia al agua, resistencia a factores externos y particularidades estéticas. Estas se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 10.

Revisión de las propiedades arquitectónicas del seike

Propiedades	Menor	Medio	Mayor
Resistencia al agua			•
Resistencia a plagas	•		
Resistencia a factores externos		•	
Textura			•
Brillo		•	
Veteado longitudinal			•
Veteado tangencial			•

Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba, tomado de (Espinosa Abad et al., 2018).

El seike es una madera con características arquitectónicas que la hacen adecuada para una gran variedad de aplicaciones de construcción y diseño. Se puede observar que la resistencia al agua de esta madera destaca por alta en resistencia, lo que la hace adecuada para aplicaciones expuestas a la humedad o en ambientes húmedos. En cuanto a la resistencia a los parásitos, presenta una resistencia menor en comparación con otras maderas, lo que sugiere que puede ser vulnerable a los ataques de insectos u otros seres vivos. Es crucial tomar las precauciones adecuadas para protegerla y conservarla con el fin de mantener su durabilidad (Tapia et al., 2014).

Tiene un nivel medio de resistencia a factores externos, lo que significa que puede tolerar diversas condiciones ambientales, así mismo, la textura del seike destaca

por ser más gruesa, lo que se traduce en una superficie de aspecto atractivo y contraste textural al tacto. Esta característica puede permitir que los proyectos arquitectónicos alcancen la estética deseada.

Contiene un nivel medio de brillo, lo que significa que tiene una apariencia algo brillante sin ser excesivamente deslumbrante.

Las vetas longitudinales y tangenciales del seike son más grandes, lo que les confiere un aspecto distintivo y seductor. Estas chapas pueden reproducir el aspecto de elementos de madera y ofrecen una textura visual interesante.

Se revisan las propiedades físicas del seike, dentro de las que se aborda las resistencias a distintas condiciones de ensayos.

Tabla 11.

Revisión de las propiedades físicas del seike

Propiedades del material	Valores
Clase resistente	C30
Densidad (kg/m ³)	460
Módulo de Elasticidad principal (kN/mm ²)	12
Módulo de Cortante principal (kN/mm ²)	0,75
Resistencia de flexión (N/mm ²)	30
Resistencia de tracción 0 (N/mm ²)	18
Resistencia de tracción 90 (N/mm ²)	0,6
Resistencia de compresión 0 (N/mm ²)	23
Resistencia de compresión 90 (N/mm ²)	2,7
Resistencia a cortante (N/mm ²)	3,0

Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba, tomado de (Espinosa Abad et al., 2018).

El seike es una madera con propiedades físicas únicas que la hacen apta para diversas aplicaciones arquitectónicas y estructurales. Tiene una densidad media de 460 kg/m³ y un módulo de elasticidad primaria de 12 kN/mm², lo que indica que es una madera relativamente ligera pero rígida. Está clasificada como C30 en resistencia y tiene una capacidad de carga considerable

Exhibe una buena resistencia a la flexión con un valor de 305,9 N/mm², así como una buena resistencia al trazado con 18 kgf/cm² en la dirección de cero grados

y $0,6 \text{ N/mm}^2$ en la dirección de 90 grados. Además, presenta una resistencia a la compresión de 23 N/mm^2 en la dirección de cero y de $2,7 \text{ N/mm}^2$ en la dirección de noventa. En cuanto a la resistencia al corte, el seike exhibe una resistencia de $3,0 \text{ N/mm}^2$.

Estas características físicas de esta madera lo convierten en una opción fiable y versátil para proyectos que necesitan madera duradera y resistente. Es adecuada para aplicaciones estructurales en la construcción debido a su rigidez, resistencia a la flexibilidad, tracción, compactación y corte. Además, debido a su densidad media, es más fácil de manejar y utilizar en diversas aplicaciones arquitectónicas.

También posee propiedades mecánicas sobresalientes para una gran variedad de aplicaciones. En términos de flexión estática, tiene un esfuerzo en el límite proporcional de 328 kg/cm^2 , un módulo de ruptura de 698 kg/cm^2 y un módulo elástico de 90 ton/cm^2 . Esto indica que puede soportar cargas antes de deformarse permanentemente y tiene una gran resistencia a la flexión.

Dentro del uso que se atribuye al seike, se distingue que esta madera proveniente de la especie cedrela odorata, tiene una amplia gama de aplicaciones debido a sus características y propiedades. A continuación, exploraremos algunos de los principales usos de la esta madera Seique en la industria.

- Estructuras
- Carpintería y pisos
- Ebanistería
- Embarcaciones

Tras familiarizarnos con las propiedades esenciales de las maderas utilizadas en la empresa analizada, es fundamental destacar los derivados de la madera, como los tableros. Estos son empleados no solo en dicha empresa, sino también a nivel global, gracias a su facilidad de corte y versatilidad en acabados.

2.3.4. Tableros

Los tableros de madera, uno de los productos más versátiles y ampliamente utilizados en diversas industrias, se clasifican según varios criterios que determinan su composición, características y aplicaciones. Una de las formas de clasificación es

según el material y el proceso de fabricación. Los tableros pueden estar fabricados con distintos tipos de madera, como pino, abeto, roble, entre otros, y se obtienen mediante procesos como el prensado, encolado o laminado de láminas delgadas de madera. Esta variedad de materiales y métodos de fabricación permite obtener tableros con propiedades específicas, como resistencia, flexibilidad o durabilidad, adecuadas para diferentes usos (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la madera, 2015).

2.3.4.1. Tipología de tableros

Los tableros pueden clasificarse según los recubrimientos utilizados en sus caras, permitiendo mejorar, ennoblecer o decorar su apariencia con diversos productos. A continuación, se presentan los siguientes tipos de tableros, en función de los tratamientos aplicados a sus caras:

- Tablero recubierto
- Tablero acabado
- Tablero rechapado

2.3.4.2. Tableros de chapas (contrachapados y laminados)

El concepto tradicional del tablero contrachapado, que se obtiene mediante el encolado de finas capas de madera o tablero estándar, ha evolucionado para incluir otros materiales en su estructura interna. A diferencia de los paneles sándwich, estos tableros conservan chapas de madera en sus superficies. En un tablero estándar, las capas de madera, con un espesor de 2 a 3 mm, se disponen de manera que la dirección de las fibras en capas adyacentes forme un ángulo de 90°. La disposición de las chapas es simétrica con respecto a la chapa central del tablero, y se requiere un mínimo de tres capas de chapa. (Tableros Estructurales Derivados de la Madera, 2015)

- Tableros de partículas
- Tableros de lino
- Tableros de viruta
- Tableros de fibras

- Tableros de tiras PSL

A continuación, se lleva a cabo una exploración de los tipos de tableros empleados por la empresa INMO en la confección de mobiliario destinado a espacios interiores. Estos tableros, incluyen variantes como melamina, MDF, MDP y triplex. El propósito de esta investigación radica en la evaluación exhaustiva de las propiedades de los materiales más prevalentes en la construcción de tableros. A través de una recolección de los residuos generados, se ha observado que tres categorías de tableros son las más recurrentes: melamina, triplex y MDF. Estos materiales ocupan un lugar preponderante en la producción.

2.3.4.2.1. Melamina

Según la norma EN 14322, un tablero de melamina es un tipo de tablero que se fabrica aplicando directamente papel impregnado con una resina aminoplástica a una o ambas caras de la base del tablero. La combinación de presión y calor logra la adhesión sin necesidad de adhesivos. Esto produce una superficie resistente a los ácidos, al calor y a la decoloración, y de consistencia sólida (Grupo Losán, 2015).

Figura 12.

Tableros de melamina



Nota. Tomado de (ContruEx, 2023)

Las superficies del tablero pueden ser lisas o tener una textura en uno o ambos lados, y las superficies exteriores pueden estar decoradas con colores o motivos decorativos. La mesa de melamina está pensada para uso interno y se utiliza con frecuencia en la fabricación de muebles.

Características

La sustancia plástica conocida como "melamina" se compone de varios adhesivos y resinas que pueden obtenerse de la madera, se utiliza con frecuencia para revestir muebles de madera y reacondicionar paredes de oficinas. Presenta una resistencia considerable a diversos factores, como las altas temperaturas, el fuego y la humedad.

- Su superficie puede presentar muchas texturas y acabados, como lisa, rugosa o imitación de madera.
- A diferencia de la madera auténtica, la melamina es resistente al ataque de parásitos y microorganismos como el moho.
- Es un material fácil de mantener y limpiar.
- Además, el precio de la melamina es asequible y razonable.

También se puede clasificar en función de su aptitud para las clases de servicio definidas en la normativa (UNE-EN1995-1-1 o CTE) que va ligada a su calidad de encolado (UNE-EN 636) en las siguientes clases técnicas:

- - para ambiente seco (EN 636-1).
- - para ambiente húmedo (EN 636-2).
- - para ambiente exterior (EN 636-3).

Para abordar las propiedades físico-mecánicas de la melamina, se revisa la siguiente tabla.

Tabla 12.

Revisión de las propiedades físico-mecánicas de la melamina

Propiedades	Métodos de referencia	Unidad	Valores
Densidad promedio	EN 323	kg/cm ³	590 – 630
Flexión	EN 310	N/mm ²	14
Tracción perpendicular	EN 319	N/mm ²	0,5

Extracción tornillos canto	EN 320	N	> 700
Humedad [%]	Hinchamiento máx. 2h. [%]	Tracción interna [kg/cm²]	
5 – 11	Máx. 5,0	STD: min. 7 RH: min. 7,5	

Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba, información tomada de (Masisa, 2020)

Revisando el uso que se puede dar a la melamina y por sus características y propiedades, la melamina es un material versátil que se utiliza en una amplia gama de aplicaciones. A continuación, se exponen algunos ejemplos de usos comunes de la melamina:

Revestimiento de muros, vallas y cuerpos enterrados: La melamina se utiliza en la construcción como material de repintado para puertas porque ofrece una superficie duradera, resistente y fácil de limpiar. Su capacidad para soportar la luz solar, el calor y la decoloración la convierte en la mejor opción para cubrir y mejorar estructuras como forjados, cubiertas y muros entramados.

Los encofrados rectangulares y curvos: se utilizan a menudo en la construcción como materiales de encofrado por su superficie lisa y duradera. Los encofrados fabricados con melamina permiten obtener molduras de alta calidad en madera dura y son fáciles de desmontar, lo que los convierte en la elección perfecta para construcciones rectas y curvas.

Alma de viguetas compuestas: Se utiliza en la producción de viguetas compuestas, que son componentes estructurales utilizados en la construcción. Además, proporciona una capa duradera y resistente en el núcleo de las viguetas, mejorando su estabilidad y resistencia.

Suelos deportivos: Se utilizan en la construcción de superficies atléticas para instalaciones como velódromos y pistas de patinaje. Para este tipo de aplicaciones, su superficie resistente y antideslizante la convierte en una opción segura y duradera.

2.3.4.2.2. Triplex

El proceso del contrachapado, también conocido como madera contrachapada, multilaminado o playwood, es un paso importante en la ingeniería de la madera. Mediante este proceso se crea un producto que tiene mejores propiedades que las piezas que lo componen. El grosor de los tableros oscila entre 3 y 22 mm, y están contruidos con madera laminada cruzada, lo que significa que la dirección de las fibras de cada tapa es perpendicular a la tapa contigua (Garca, 2006). Dado que los movimientos dentro de cada grano de casquete están limitados por los adhesivos y el casquete continuo, esta disposición permite minimizar la contracción. El tipo más común de madera superior utilizada en la construcción con madera contrachapada es el triplex, que consta de tres piezas superiores (Edímca, 2022).

Figura 13.

Tableros de triplex



Nota. Tomado de (Edímca, 2019)

Dentro de las características del triplex para formar una mesa, se unen láminas o enchapados de madera laminada o sin laminar mediante adhesivos de manera que la veta de cada enchapado quede perpendicular a la siguiente.

Como resultado, el Contrachapado (Tríplex) adquiere un comportamiento extremadamente eficaz en términos de resistencia físico-mecánica y estabilidad espacial frente a los cambios de temperatura y humedad, cualidades que no pueden ser igualadas por otro tipo de mesas. Este producto se crea a partir de maderas duras tropicales, que también se utilizan para fabricar anuncios, avisos, contenedores, muebles, casas móviles, etc (ENDESA, 2017).

Su peso moderado facilita el transporte, la instalación y el mantenimiento. En comparación con otros productos de madera, tiene mayor estabilidad dimensional y menor tendencia a curvarse o deformarse. Debido a su proceso de triple lijado, tiene una superficie magnífica con un acabado satinado. Además, funciona como un eficaz aerosol tanto en términos térmicos como artísticos. En comparación con otros tipos de madera, presenta una mayor resistencia al fuego porque las tapas se carbonizan y funcionan como ingrediente ignífugo (Disensa, 2018).

En las propiedades físicas y mecánicas, se entiende que, debido a sus destacadas características, la empresa INMO utiliza con bastante frecuencia el artilugio de triplex de 12 mm. Proporciona durabilidad y resistencia para una gran variedad de aplicaciones gracias a su adecuado dimensionamiento. La colocación transversal de las chapas de madera durante la construcción proporciona estabilidad dimensional, evitando deformaciones y garantizando una superficie plana. Además, su capacidad para soportar cambios de humedad y temperatura las hace fiables en diversas condiciones ambientales. Su uso es versátil y adecuado para muebles, construcción, divisiones y reformas de interiores. En conclusión, el tablero triplex de 12 mm ofrece resistencia, estabilidad y versatilidad, lo que lo convierte en la mejor opción para nuestras necesidades y de los clientes.

Tabla 13.

Características físico-mecánicas de tableros contrachapados

Dimensión (m)	Humedad (%)		Densidad (g/cm³)	
1,22 x 2,44	8 – 10		0,54	
Calibre (mm)	Resistencia a la flexión (kg/cm²)		Tolerancia (mm)	
	Perpendic.	Paralela	Calibre	Cuadratura
4	350 – 370	160 – 170	+/- 0,2	+/- 2,5
5 - 6	350 – 370	160 – 170	+/- 0,2	+/- 2,5
9 - 12 - 15	280 – 400	400 – 500	+ 0,2 / - 0,5	+/- 2,5
18	280 – 400	430 – 600	+ 0,2 / - 0,5	+/- 2,5

Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba, tomado de (Pelicano, 2021)

Dentro del uso, se examina en detalle las diversas aplicaciones del uso de las maderas triplex:

- Muebles: Los laminados triplex se utilizan para crear todo tipo de muebles, añadiendo estabilidad a los acabados de los parales, entrepasos, fondos, alpargatas, puertas y tapas.
- Aplicaciones en interiores: Estos laminados también se utilizan en aplicaciones interiores como divisiones, entrepisos y cielorrasos. Por su facilidad de manejo, el triplex es el material preferido por muchos carpinteros.
- Aplicaciones fuera del hogar: El triplex es adecuado para aplicaciones exteriores como cerramientos de edificios, cubiertas, vigas, columnas y formatelas, entre otras.
- Como base: El triplex sirve como base para muchos elementos como banderolas, carteles, contenedores, furgones, casas sobre ruedas, entre otros (RefoCosta, 2021).

2.3.4.2.3. MDF

El tablero de fibras de madera de densidad media (MDF, por sus siglas en inglés) se crea al unir fibras de madera utilizando adhesivos de urea formaldehído en un proceso de prensado continuo a temperaturas elevadas. Este proceso confiere al tablero una serie de cualidades sobresalientes en términos físico-mecánicos y una superficie de alta calidad (Losán, 2015).

Figura 14.

Tableros de MDF



Nota. Tomado de (Masisa, 2020a)

Características

El tablero presenta una serie de características destacables:

- Su superficie es lisa y uniforme, lo que facilita su aplicación de pintura, chapado y revestimiento con láminas de alta presión y folios.
- Existe una amplia variedad de opciones en cuanto a formatos y espesores.
- Su versatilidad permite una amplia gama de aplicaciones, logrando terminaciones de excelente calidad con un considerable ahorro de pintura y un menor desgaste de herramientas.
- La densidad y el comportamiento uniforme del tablero lo hacen ideal para diversas técnicas, como el moldeo, curvado, fijación y fresado, entre otros (Losán, 2015).

Propiedades fisicomecánicas

Dentro de las propiedades, se distinguen espesores (3 - 4 y 5,5 mm) y en formatos (1520 x 2440 mm)

Tabla 14.

Propiedades físico-mecánicas del MDF

Propiedades	Método de referencia	Unidad	Espesor			Tolerancia
			3	4	5,5	
		mm				± 0,20
Densidad	EN 323	[kg/m ³]	820 ± 50	770 ± 40	730 ± 25	
Flexión	EN 310	[N/mm ²]	45	43	40	± 10
Tracción	EN 319	[N/mm ²]	1,00	1,00	1,00	± 0,20
Hinchamiento 24 horas	EN 317	[%]	Máx. 37	Máx. 35	Máx. 30	-
Humedad	EN 322	[%]	8	8	8	± 3

Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba, tomado de (Masisa, 2020)

Este producto es perfecto para revisar paredes y superficies horizontales en zonas que no estén expuestas a la humedad y se aconseja su uso en espacios interiores, incluyendo viviendas y locales comerciales. Además, es ideal para fabricar muebles como puertas, paneles laterales y traseros, entre otros usos.

Formatos de los tableros

Si bien se han mencionado ciertos formatos de materiales, resulta fundamental resalta las dimensiones más frecuentes y los espesores en los cuales se representan los tableros.

Tabla 15.

Dimensiones de los tableros de Melamina, Tripex y MDF

Material	Formatos	Espesores
Melamina	183 cm x 250 cm	6 - 5,5 - 9 - 12 - 15 - 18 -
	215 cm x 244 cm	19 - 25 - 30 mm
	214 cm x 250 cm	
MDF	215 cm x 244 cm	3 - 4 - 6 - 9 - 12 - 15 - 18 -
	214 cm x 260 cm	25 - 30mm
Trípex	122 cm x 244 cm	3,6 - 5,2 - 9 - 12 - 15 -
	92 cm x 215 cm	18mm

Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba, tomado de (Edímca, 2022; Masisa, 2020a)

Dentro de la empresa INMO, estos tableros son sometidos a una serie de procesos fundamentales que culminan en la creación del producto final. Estos pasos incluyen el corte preciso de los tableros según las dimensiones requeridas, seguido por un meticuloso proceso de ensamblado o pegado de las piezas. Una vez completado el ensamblaje, se procede a realizar un minucioso lijado de las superficies para garantizar la uniformidad y suavidad, preparando así los tableros para la etapa final. En esta fase, se aplica un cuidadoso lacado que no solo mejora la estética del producto, sino que también proporciona una capa protectora, vital para resistir factores externos como el desgaste y la humedad. Resulta necesario comprender a profundidad estos procesos, ya que la esencia misma de esta investigación se enfoca en el ensamblado o pegado, siendo este un componente central y determinante en la calidad y durabilidad de los productos obtenidos.

2.3.5. Los adhesivos y el encolado de la madera

La principal ventaja de la madera laminada encolada frente a las uniones mecánicas de chapas, que inicialmente se realizaban mediante bridas o pernos, es que proporciona una mejor respuesta estructural al aportar una mayor rigidez. Así, el uso

de uniones dentadas (finger joints), permitía limpiar todos los defectos anteriores de la pieza, eliminando sus defectos principales, compitiendo con la construcción tradicional en madera (Sardiza Asensio, 2018).

Tabla 16.

Tipos de unión

Tipo de Unión	Descripción	Imagen
Por encolado	Este tipo de unión se realiza utilizando algún tipo de pegamento, normalmente cola blanca, barra de silicona o cemento de contacto.	
Por clavado	Como su nombre indica, se realiza con clavos, como herramientas de martillo, clavos.	
Por atornillado	Esta conexión se realiza con tornillos para madera llamados tirafondos. La ventaja de este tipo de unión es que las piezas se pueden separar o separar.	
Por grapado	Este proceso se realiza con una grapadora de madera especial, la misma grapadora difiere en características, es decir, el espesor de la grapa tiene diferentes dimensiones relacionadas con la profundidad de la madera.	

Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba, tomado de (Morales & Acurio, 2018)

Las técnicas de encolado nos permiten realizar una junta resistente con un adhesivo específico, bajo unas condiciones iniciales requeridas, así como toda la maquinaria y herramientas necesarias para realizar esa junta suficientemente resistente y al menos tan buena como la madera. debe ser igual a la resistencia de involucrarse (Sardiza Asensio, 2018).

El encolado de la madera tiene diversas aplicaciones. Por un lado, permite decorar la madera con chapas de madera o recubrimientos plásticos, lo cual se utiliza con fines decorativos. Por otro lado, es posible crear productos de mayor tamaño a partir de elementos más pequeños, como partículas o láminas de madera, lo cual se aplica en carpintería y estructuras (Galindo Galindo, 2020). El proceso de encolado de la madera consta de varias etapas, que se describen a continuación en los siguientes bloques de información:

- Adhesivos/Colas: Se emplean diferentes tipos de adhesivos, que pueden ser naturales o sintéticos, para unir la madera. Estos adhesivos proporcionan la capacidad de adherencia necesaria para formar una unión sólida y duradera.
- Propiedades de la madera: Es importante considerar las propiedades de la madera, como su humedad, densidad y porosidad, para seleccionar el adhesivo adecuado y garantizar una unión efectiva. Además, se deben tener en cuenta los tratamientos previos que pueda requerir la madera, como el lijado o el uso de selladores.
- Encolado de elementos de madera: En esta fase, se aplica el adhesivo en las superficies a unir y se realiza el ensamblaje de las piezas. Se deben seguir las instrucciones del fabricante del adhesivo en cuanto a tiempo de secado, presión y temperatura, para obtener una unión óptima.
- Uniones madera-metal: En algunos casos, es necesario unir la madera con elementos metálicos, como tornillos o clavos. Para ello, se utilizan técnicas específicas que permiten una unión firme y resistente entre ambos materiales (AITIM, 2003).

2.3.5.1. Encolado de elementos de madera

Para lograr una unión encolada de calidad, es importante considerar algunos aspectos. En primer lugar, es necesario aplicar el adhesivo en ambas superficies de las piezas a unir, utilizando un adhesivo con buena fluidez y movilidad. Además, se recomienda comenzar a aplicar presión cuando el adhesivo comience a fraguar, es decir, cuando pierda su movilidad o fluidez. Estas condiciones aseguran una mejor penetración del adhesivo en la madera, ya que impregnamos las caras de las piezas con el adhesivo y optimizamos su capacidad de adherencia (Sanabria et al., 2011).

Es fundamental tener en cuenta que cualquier aspecto o parámetro puede cambiar durante el proceso de encolado. Esto incluye la maquinaria utilizada, los operarios involucrados, las condiciones ambientales, la estructura de la madera (incluso si se utiliza la misma especie de madera) y las propiedades del adhesivo, entre otros factores. Por esta razón, la operación de encolado de elementos de madera requiere una supervisión estricta por parte del operario, quien es el responsable de detectar los cambios y tomar las medidas correctivas adecuadas para cada situación específica.

El proceso de encolado de elementos de madera abarca las siguientes etapas (Sanabria et al., 2011):

1. Control y preparación de los adhesivos: Se debe realizar un control exhaustivo de los adhesivos utilizados, verificando su calidad y asegurando que se encuentren en las condiciones adecuadas para su aplicación. Esto implica seguir las instrucciones del fabricante en cuanto a tiempo de almacenamiento, temperatura y agitación, entre otros aspectos.
2. Extensión y aplicación de presión: En esta etapa, se procede a extender el adhesivo sobre las superficies a unir de manera uniforme. Luego, se aplica la presión necesaria para garantizar una unión sólida y duradera. El tiempo de presión y las condiciones específicas dependen del tipo de adhesivo utilizado.
3. Control de los productos encolados: Una vez finalizado el proceso de encolado, es importante realizar un control de calidad para asegurar la correcta unión de los elementos de madera. Se inspeccionan visualmente las juntas encoladas,

verificando su resistencia y adherencia. Además, se pueden llevar a cabo pruebas adicionales, como pruebas de tracción, para garantizar la calidad del trabajo realizado.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

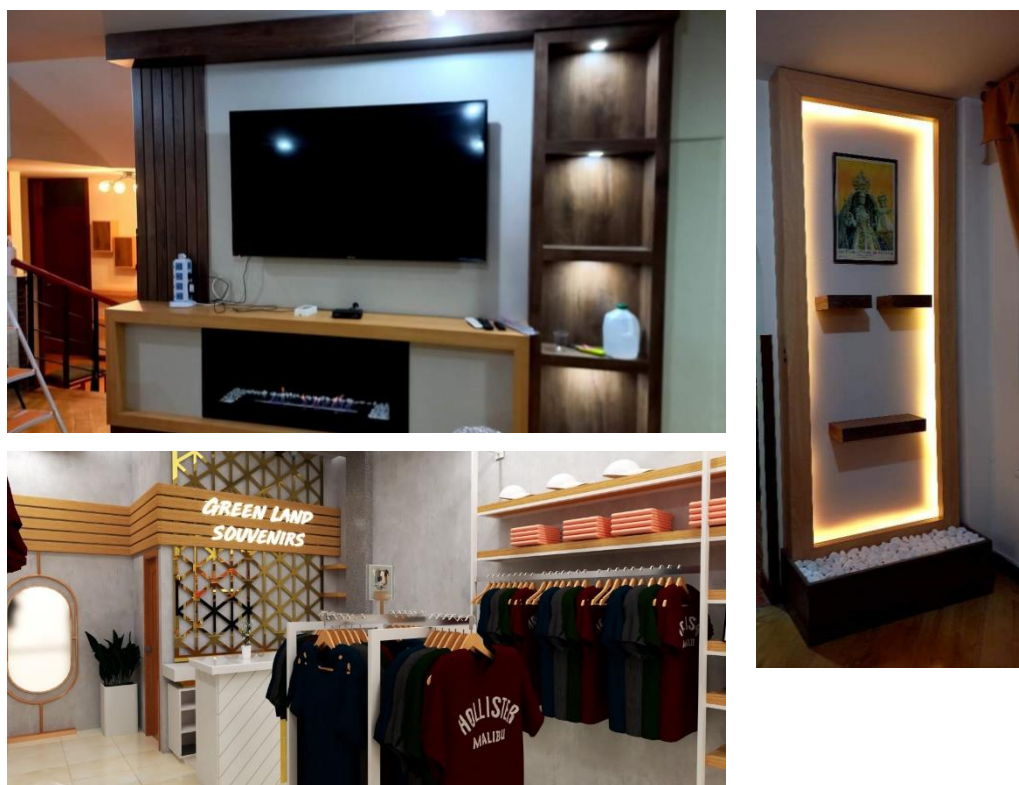
3.1. Caso de estudio

3.1.1. Ubicación

La parroquia de Huambaló, del cantón Pelileo, se destaca por ser una importante productora y vendedora de muebles de todo tipo. Cada año, el Gobierno Autónomo Descentralizado organiza diversas actividades, eventos y ferias para mostrar la amplia variedad y calidad de los productos elaborados por los artesanos de esta maravillosa parroquia, aproximadamente 150 talleres artesanales y 60 almacenes, lo cual permite las iniciativas permiten resaltar el talento y la destreza de los artesanos, además de fomentar el comercio y la valorización de los productos locales.

Figura 15.

Productos que oferta la empresa



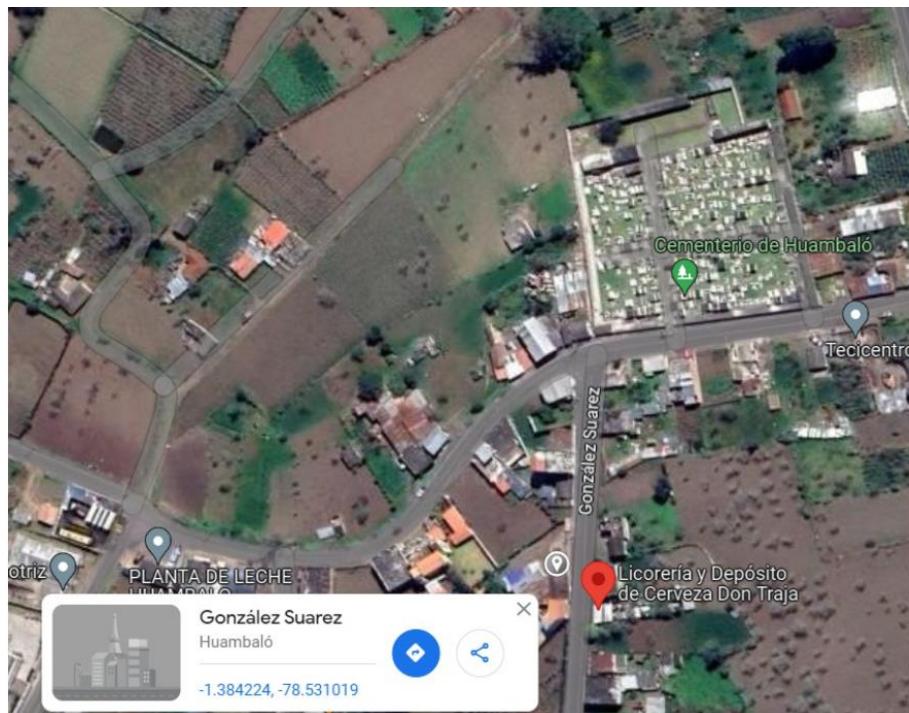


Nota. Imagen facilitada por la empresa INMO

En la parroquia Huambaló, una empresa de muebles que se analizará dentro del presente proyecto de investigación. La empresa se llama INMO y está dirigida por un arquitecto interiorista llamado Victor Cisneros. Está ubicada en el centro de Huambaló, calle Gonzales Suarez y Calicuchima, lleva funcionando 10 años.

Figura 16.

Ubicación de la empresa



Nota. Imagen obtenida de Google Maps

La misión de la empresa INMO es ofrecer a sus clientes una amplia variedad de muebles de calidad a precios competitivos, respaldados por un excelente equipo

humano y tecnológico para garantizar la satisfacción del cliente y la rentabilidad del negocio. Su visión es expandir su línea de servicios profesionales en arquitectura, unificando servicios y siguiendo una tendencia moderna y simplificada en su imagen corporativa (Cisneros, 2023).

En la actualidad, la empresa ha llevado a cabo proyectos para una amplia gama de espacios y lugares. Uno de los proyectos destacados es un local vanguardista en Galápagos, ya que la empresa se enfoca en proyectar y tener una visión futurista para fomentar la creatividad y brindar a los clientes espacios confortables e innovadores.

La empresa utiliza una variedad de materiales en la construcción, como cedro, laurel, nogal, seike, pino, así como diferentes tipos de tableros, como trípex, MDF, MDP, aglomerados, melamina, entre otros. En cuanto a los materiales de madera, los más utilizados son seike, canelo y laurel. En relación con los paneles de madera utilizados en la empresa, se observa que el trípex es el más predominante, MDF y, por último, la melamina. Sin embargo, estos porcentajes indican que los tableros en la empresa no generan un alto porcentaje de remanentes.

La empresa dispone de diversas herramientas para el proceso de pegado de piezas de tableros y madera, entre las cuales se encuentran dos tipos de adhesivos: los de secado rápido y los de secado lento. En el estudio realizado a la empresa, se ha identificado que se opta por adquirir tanto la cola plástica de secado lento como la cola blanca de secado rápido, ambas especialmente diseñadas para su aplicación en maderas y tableros. Esto brinda a la empresa opciones versátiles y eficientes para garantizar una unión sólida y duradera en sus procesos de fabricación.





Es importante destacar que, la cantidad de remanentes en pesos es de 474 libras aproximadamente al mes, generados por los tableros y maderas en la empresa, se plantea que es esencial implementar una gestión adecuada de los residuos para promover prácticas sostenibles y reducir el impacto ambiental. Una de las sugerencias propuestas es que la empresa podría considerar, es la estrategia para optimizar el uso de remanentes de madera y encontrar alternativas eficientes para el manejo de los remanentes, con el objetivo de fomentar una gestión responsable de los recursos y minimizar el desperdicio.

3.1.2. Materiales y equipos de la empresa

En la presente tabla se especifica la lista de recursos con los que cuenta la empresa del proyecto.

Tabla 17.

Detalle de recursos materiales

Descripción	Cantidad	Imagen
Cierra escuadradora	1	
Maquina tapacantos	1	
Taladros	2	
Canteadora	1	

Cepillos

2



Lijadora

1



Tupi

1





Nota. Información facilitada por la empresa INMO

3.2. Tipo de investigación

El enfoque de investigación seleccionado para este proyecto es de carácter descriptivo, considerando que es “un modo de aproximación a los fenómenos que estudia la ciencia para así poder predecir fenómenos” dado que tiene como objetivo analizar los distintos tipos de residuos generados en los talleres de fabricación de mobiliario que trabajan con madera, así como las técnicas de manejo utilizadas por los carpinteros y su conocimiento sobre las posibles aplicaciones de dichos residuos. La investigación se centrará en describir y comprender estos aspectos con el fin de obtener una visión clara y detallada de la situación actual en el lugar de estudio.

En el marco de este proyecto de investigación es experimental, se realizarán pruebas utilizando el material residual con el fin de evaluar sus posibles aplicaciones. Se utilizarán los resultados obtenidos en los estudios técnicos y se realizará una clasificación previa de los residuos de madera observados para registrar sus características y propiedades mediante matrices. Este proceso nos permitirá identificar los residuos de madera que poseen potencial para ser aprovechados en el desarrollo de nuevos productos.

3.3. Enfoque del trabajo: modelo de métodos aplicados.

El enfoque de esta investigación es de naturaleza cualitativo, con el objetivo de analizar el contexto del sector mobiliario en Huambaló, centrándose específicamente en la empresa INMO. También se explorarán las posibles aplicaciones del material residual y se llevará a cabo un análisis de datos sobre el porcentaje de

residuos de madera generados mensualmente en los procesos de fabricación de mobiliario de la empresa. Uno de los propósitos cualitativos es obtener valores numéricos que indiquen la cantidad de remanentes generados y validar los resultados de la experimentación, mediante tablas de caracterización.

3.4. Idea a defender

La empresa INMO, situada en la parroquia de Huambaló, en el cantón de Pelileo, se enfrenta a un importante reto en relación con la madera residual que produce. En la actualidad, la empresa carece de un sistema adecuado para almacenar y clasificar estos restos, lo que reduce el espacio de trabajo en el taller. Además, la empresa regala los restos de madera a los miembros de la comunidad o los vierte en un terreno hasta que se descomponen, no se lleva a cabo una gestión eficaz y los restos de madera no se utilizan adecuadamente.

La propuesta de investigación pretende apoyar a la empresa a gestionar eficazmente los restos y reducir la contaminación ambiental. Para ello, se propone examinar determinar características físicas y mecánicas de los restos de madera, con el fin de mejorar la gestión de la empresa y adaptar estos remanentes modificados a la empresa.

Como resultado o idea a defender, la madera sobrante se convertiría en uno de los materiales principales, por su valor agregado como ecoproducto, que se podrían emplear en la empresa INMO, para lograr este objetivo se realizan experimentos, que coadyuven a determinar la forma más adecuada y eficaz de condensar los restos de madera con el fin de aprovechar al máximo estos recursos.

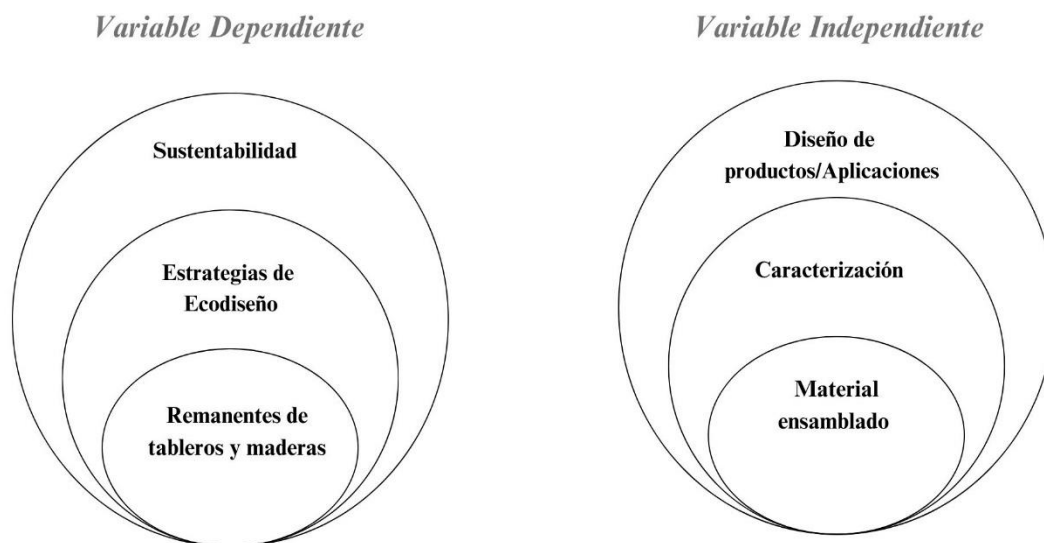
3.5. Definición de variables e indicadores

Las variables dentro del proyecto se distinguen como las siguientes:

- Materiales ensamblados elaborado con maderas residuales.
- Validez del material ensamblado por adhesivo por sus características.

Figura 17.

Conceptualización de variables



Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba

3.6. Población y muestra

La población que se considerará en este estudio son los fabricantes de mobiliario de la parroquia Huambaló que almacenan diferentes formas y tipos de residuos de madera. La propuesta se basa en apoyar en la mejora de los procesos de gestión de residuos en las empresas de la zona.

La muestra seleccionada o caso de estudio para este proyecto, se busca obtener un conocimiento más profundo sobre las perspectivas de la empresa en gestión de residuos, recursos humanos, materia prima y su proceso de producción. A través de esta muestra, se pretende recopilar información sobre la gestión de residuos de tableros y maderas, específicamente en identificar los tipos de residuos generados en la fabricación de mobiliario y determinar cuáles de estos residuos son viables para su reutilización, basándose en los resultados obtenidos con la tabla de validez.

3.7. Recolección de información

La recolección de información sobre los remanentes de madera residual generados por la empresa INMO en este caso, es importante para comprender la cantidad de los desechos producidos. Mediante el análisis de estos remanentes, podemos obtener datos cuantitativos y establecer una base sólida para tomar decisiones sobre su aprovechamiento adecuado.

En el caso específico de INMO, se estima que la empresa genera entre 8 a 10 sacos de madera residual cada mes. Es importante tener en cuenta que cada saco tiene un peso aproximado de 40 a 50 libras, lo que nos proporciona una cantidad total de residuos de madera de alrededor de 450 a 500 libras mensuales.

Estos números son significativos, ya que destacan la magnitud de los remanentes de madera residual generados por la empresa. Con esta información, podemos evaluar las posibles soluciones para su manejo adecuado, como la implementación de prácticas de reutilización.

El proceso de reciclaje de los remanentes de madera fue meticulosamente planificado y ejecutado, siguiendo principios fundamentales como las 7Rs, que buscan maximizar la eficiencia y la sostenibilidad en cada etapa. En primer lugar, se realizó la recolección de los remanentes de madera provenientes de diversas fuentes, evitando así su desperdicio.

A continuación, se aplicó la primera R, 'Reducir', al clasificar minuciosamente los remanentes según sus características y dimensiones. Luego, utilizando la R de 'Reutilizar', se tomaron medidas precisas de los remanentes para determinar su posible aplicación. Los trozos de madera fueron hábilmente pegados utilizando adhesivos respetuosos con el medio ambiente, dando vida a nuevos componentes. Para llevar a cabo la 'Reducción', los remanentes restantes fueron transformados en planchas pequeñas de tableros y madera mediante técnicas de corte y ensamblaje, lo que permitió aprovechar al máximo su potencial. Estas planchas fueron dejadas secar naturalmente, incorporando así la R de 'Recuperar'. Una vez secas, se aplicó la R de 'Reestructurar' al lijar las superficies para lograr un acabado suave y pulido. Finalmente, se puso en marcha la R de 'Reciclar' al reintroducir estas planchas de madera reciclada en la fabricación de nuevos objetos, reduciendo así la demanda de materiales vírgenes. Este proceso holístico, que combina las 7Rs con técnicas de reciclaje tradicionales, demuestra un enfoque integral hacia la sostenibilidad y la conservación de recursos.

Figura 18.

Pesaje de los residuos de madera



Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba

Para poder realizar el peso lo colocamos en una balanza bascula de metal para poder obtener el resultado de la madera residual.

Posteriormente, la clasificación de los residuos de madera residual es un paso fundamental en el estudio y análisis de estos materiales. Al realizar una clasificación apropiada, podemos identificar las diferentes características y propiedades de los residuos, lo que nos proporciona información valiosa para su posterior manejo y aprovechamiento.

Figura 19.

Identificación de variedades



Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba

Figura 20.

Clasificación de remanentes



Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba

En este caso, se destinaron 95 libras de remanentes de madera para llevar a cabo la clasificación de manera adecuada. Esta cantidad permitió obtener una muestra pequeña pero representativa de los diferentes tipos de madera presentes en los residuos.

Como resultado de este proceso, se identificaron variedades como seiqui, canelo y laurel, que pueden tener diferentes usos o aplicaciones según sus características específicas.

Además de las variedades de madera, también se encontraron tableros como triplex, melamina y MDF, que son productos derivados de la madera y tienen sus propias propiedades y aplicaciones específicas.

Cada tipo de madera y tableros se pudo obtener datos de dos sacos de remanentes con un total de peso 90 libras, la cual los residuos en madera con más elevados como el seike con un peso de 27 libras, a continuación del canelo con unas 19 libras y finalmente el laurel con 15 libras. Además, en los tableros se puede apreciar los residuos del triplex con un peso de 12 libras, MDF con un peso 7 y entre basura se obtiene 10 libras.

Es relevante destacar que, durante el proceso de clasificación, también se identificaron residuos que no se puede utilizar en la investigación en curso. Estos materiales pueden incluir residuos de madera que presentan daños, como huecos, presencia de hongos o fracturas, entre otros. Algunos de estos daños son resultado de un manejo inadecuado del almacenamiento, donde los residuos no se encuentran en condiciones óptimas y pueden sufrir deterioro. A pesar de esta situación, es importante

mencionar su presencia para obtener una visión completa y precisa de los residuos de la madera residual analizados.

Realizar mediciones precisas de la madera residual, es esencial para comprender sus características y determinar las mejores estrategias para su aprovechamiento. En este caso, se realizaron mediciones de los remanentes y se concluyó que el pedazo más grande contiene una altura de 40 cm, mientras que el más pequeño mide 2-3 cm.

Mediante un análisis detallado, se pudo llegar a una conclusión y un razonamiento coherente para maximizar el aprovechamiento de los remanentes en la empresa. Es evidente que la empresa está desperdiciando un porcentaje significativo de madera residual que podría beneficiarla de alguna manera. Por lo tanto, se realizó un análisis exhaustivo de las dimensiones de los remanentes para determinar la forma más efectiva de aprovecharlos.

El enfoque adoptado consistió en extraer planchas a baja escala utilizando las dimensiones de los remanentes como base. Al tener en cuenta las medidas obtenidas, fue posible determinar cómo utilizar los remanentes de manera eficiente y efectiva para generar beneficios para la empresa.

Figura 21.

Análisis de medidas





Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba

Después de realizar un análisis detallado de las medidas de los remanentes de madera, se logró crear dos tipos de planchas utilizando dimensiones específicas. La primera plancha se confeccionó con medidas de 25 cm x 25 cm con un espesor de 2cm a 2,5 cm, mientras que los sobrantes de algunos pedazos de madera se utilizaron para producir una segunda plancha con dimensiones de 15 cm x 15 cm con un grosor de 2cm a 2,5cm. Esta estrategia permitió aprovechar aproximadamente el 90% de los remanentes, minimizando el desperdicio.

Es importante destacar que quedaron algunos pedazos de madera de 3 cm que no se pudieron utilizar eficientemente debido a su tamaño y dificultad para trabajarlos. Esta información se obtuvo a través de una conversación breve con los trabajadores, quienes señalaron que, a partir de los 5 cm de tamaño de los remanentes, el proceso de manipulación se vuelve más complicado y requiere más tiempo y esfuerzo.

Al aprovechar al máximo los remanentes de madera y tableros, se logra optimizar los recursos y reducir el desperdicio. La creación de dos tipos de planchas con dimensiones específicas es una forma efectiva de aprovechar los remanentes y generar valor agregado para la empresa.

Figura 22.

Selección de medidas requeridas



Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba

Después de seleccionar las medidas requeridas y cortar los restantes de la primera plancha para dar paso a la segunda plancha, se procedió a realizar los cortes necesarios en los pedazos de madera para prepararlos adecuadamente antes del colado. El objetivo era asegurar una unión sólida y duradera entre las piezas.

Para lograr un colado exitoso de las maderas, se optó por utilizar cola blanca, que es el adhesivo comúnmente utilizado por la empresa. Además, se basaron en la experiencia previa y experimentaron con diferentes técnicas y procesos para obtener resultados óptimos en términos de secado y unión de las piezas.

La experiencia acumulada y los consejos proporcionados permitieron llevar a cabo un colado adecuado de los remanentes de madera. Esto es esencial para garantizar la calidad y la resistencia de las planchas resultantes. Además, un colado adecuado también reduce las posibilidades de problemas futuros, como la separación de las piezas o el debilitamiento de la estructura.

Figura 23.

Unión de maderas



Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba

Después de realizar la unión de las maderas utilizando cola blanca y siguiendo las medidas adecuadas de las planchas, se llevó a cabo el colado de los pedazos. Este proceso implica la aplicación de la cola blanca y la unión de las piezas, lo cual tomó aproximadamente media hora en completarse. Este tiempo es necesario para asegurar una unión sólida y duradera entre las piezas de madera.

Una vez que se completó el proceso de colado, las piezas fueron colocadas en una prensa disponible en la propia empresa. Esta prensa permite aplicar presión a las piezas y mantenerlas en su lugar durante un período de tiempo prolongado. En este caso, las piezas se dejaron prensadas durante toda una noche, lo cual permite una mejor unión y un resultado final más sólido.

La utilización de una prensa y el tiempo prolongado de prensado son elementos clave para lograr una unión óptima entre las piezas de madera. Esta etapa es fundamental para garantizar la calidad y la resistencia de las planchas resultantes.

Figura 24.

Prensado de las piezas de madera



Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba

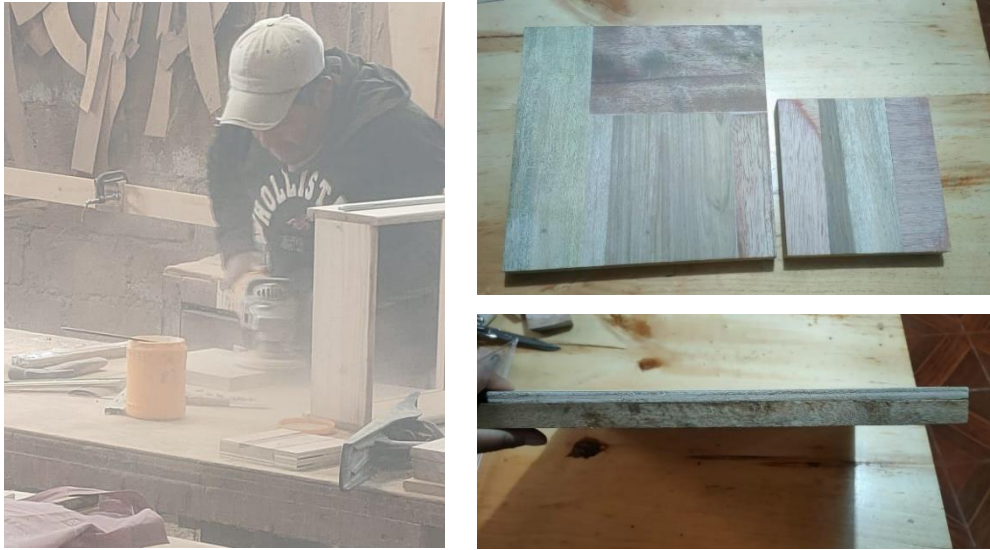
Después de completar el colado y el prensado de las piezas de madera, se procedió a realizar una verificación minuciosa de las medidas y se identificaron algunas imperfecciones en la unión de las piezas. Para solucionar estos problemas, se utilizó masilla, que puede ser adquirida comercialmente o fabricada en el taller mediante una mezcla de cola y aserrín. Esta elección permite un masillado ecológico utilizando los mismos materiales de las piezas de madera, lo que resulta en una mejor armonía visual y en la reducción de desperdicio.

Posteriormente, se realizó un acabado al lijar los tableros utilizando papel de lija de grano 36. Este proceso de lijado proporciona una superficie lisa y un acabado estético a los tableros. Asimismo, se logró obtener una alta resistencia en los tableros, lo que los hace adecuados para su uso en diversas aplicaciones.

En cuanto al aprovechamiento de los recursos, se logró utilizar el 56% de los remanentes del 100% madera residual, lo que equivale aproximadamente a dos sacos. Esta cifra demuestra un aprovechamiento eficiente de los materiales disponibles. Durante todo el proceso, se tuvieron en cuenta las medidas de los pedazos de madera y de los tableros para garantizar un resultado final óptimo y de calidad.

Figura 25.

Pulido de piezas



Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba

Figura 26.

Producto final



Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba






3.7.1. Remanentes obtenidos



En la siguiente tabla y en base a los hallazgos encontrados, se disponen los valores de los remanentes producidos, por parte de la empresa INMO. Los remantes se han estimado en un periodo de un mes. Asimismo, se tienen los tipos de remanentes obtenidos.

Tabla 18.

Tipos de remanentes

TIPOS DE REMANENTES			
Lugar: Empresa INMO			
Investigador: Evelyn Leticia Niachimba Muñoz			
Fecha: 25/08/2023			
Objetivo:			
Determinar la forma, dimensiones generales y el peso de los remanentes de madera y tableros en un mes de la empresa INMO.			
Observaciones:			
La información recolectada es de 1 MES			
Figura	Clase	Descripción	Dimensiones

	Seike	Remanentes grandes y pequeños	El más grande es de 30x7 cm
		Grosor desde 1,5 hasta 2,5 cm	El más pequeño y que se puede utilizar es de 8x5 cm.
	Canelo	Remanentes grandes y pequeños	El más grande es de 32x9 cm.
		Grosor desde 1.5 hasta 2,5 cm	El más pequeño y que se puede utilizar es de 10x5 cm.
	Laurel	Remanentes grandes y pequeños	El más grande es de 27x12 cm.
		Grosor desde 1,5 hasta 2,5 centímetros.	El más pequeño y que se puede utilizar es de 9x6 cm.
	Tríplex	Remanentes grandes y pequeños	El más grande es de 42x20 cm.
		Grosor 4 mm, 5mm, 9mm, 12mm, 15mm, 18mm.	El más pequeño y que se puede utilizar es de 10x 8 cm.
	Melamina	Remanentes que no se utilizó en esta investigación por su complicación de unión con otros tableros y maderas.	El más grande es de 10x4 centímetros Los más pequeños no lo utilizamos
		Grosor desde 1,5 cm.	

	MDF	Remanentes pequeños	El más grande es de 29x8 cm.
		Grosor desde 1,5 cm.	El más pequeño y que se puede utilizar es de 8x5 cm.
	Otros / basura	Remanentes muy pequeños Contiene basura como esponjas, lijas utilizadas, clavos entre otros.	Desde los pedazos 7x7 centímetros para abajo no se utiliza para esta investigación.

Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba

Tabla 19.

Remanentes producidos en un mes en la empresa INMO

Detalle	Valores
Peso total de remanentes	474 libras
	Maderas: 320 libras
	Tableros: 154 libras
Peso total de remanentes pequeños que no se utiliza en nuestra investigación y también los pedazos que pueden salir de las nuevas tablas, también basura como lijas, esponjas entre otros.	210 lb, 44%
Peso total que podemos utilizar	264 lb, 56%

Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba

3.8. Análisis y discusión de los resultados

3.8.1. Ensayos de materiales

Para el ensayo de las propiedades de los compuestos, se dispone de un grupo de probetas para cada uno de los ensayos a realizar, estos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 20.

Número de probetas para cada análisis de propiedades del material




N.	Ensayo	Cantidad
1	Rugosidad	
2	Dureza	
3	Flexión	
4	Compresión paralela a la fibra	
5	Compresión perpendicular a la fibra	
6	Impacto	
Total		

Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba

Además, se presentan las dimensiones de las probetas empeladas para los respectivos ensayos y pruebas, de acuerdo a la norma ASTM D143.

Tabla 21.

Dimensiones de las probetas para cada análisis de propiedades del material

Ensayo	Dimensiones de probeta	Evidencia fotográfica
Flexión	Largo: 41 cm Ancho: 2,5 cm Profundidad: 2,5 cm	
Compresión paralela a la fibra	Largo: 10 cm Ancho: 2,5 cm Profundidad: 2,5 cm	
Compresión perpendicular a la fibra	Largo: 15 cm Ancho: 2,5 cm Profundidad: 2,5 cm	
Impacto	Largo: 25 cm Ancho: 2,5 cm Profundidad: 2,5 cm	





Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba

3.8.1.1. Rugosidad del material

Con el ensayo de rugosidad se determinan los valores medidos de acuerdo a las observaciones realizadas en las muestras, estas se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 22.

Resultados del ensayo de rugosidad

Ensayo	Rugosidad	Evidencia fotográfica
Medición 1	0,680 μm	
Medición 2	0,502 μm	
Medición 3	0,706 μm	
Medición 4	0,597 μm	





Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba

3.8.1.2. Ensayo de dureza

Con el ensayo de dureza se determinan los valores, estos fueron medidos de acuerdo a varias observaciones realizadas en las distintas muestras, estas se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 23.

Resultados del ensayo de rugosidad

Ensayo	Dureza Shore D	Evidencia fotográfica
Medición 1	55 HD	
Medición 2	69,5 HD	
Medición 3	56 HD	
Medición 4	63,5 HD	



Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba

3.8.1.3. Ensayo de flexión y compresión

Con el ensayo de flexión y compresión se determinan los valores, estos fueron obtenidos en la máquina de ensayos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, los ensayos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 24.

Resultados del ensayo de rugosidad

Ensayo	Módulo elástico	Evidencia fotográfica
Ensayo de flexión	604 kN/mm ²	
Ensayo de compresión	2,36 kN/mm ²	

Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba

3.8.2. Comparativa de propiedades

Dentro del análisis, se empieza desarrollando una comparativa entre las propiedades mecánicas de los distintos residuos componentes del material, estas se visualizan en la siguiente tabla.

Tabla 25.

Comparación de las propiedades físicas de maderas de canelo, laurel y Seike comerciales

Propiedades físicas y mecánicas	Canelo	Laurel	Seike
Clase resistente	C27	C16	C30
Densidad (kg/m ³)	450	370	460
Módulo de Elasticidad principal (kN/mm ²)	11,5	8	12
Módulo de Cortante principal (kN/mm ²)	0,72	0,50	0,75
Resistencia de flexión (N/mm ²)	27	16	30
Resistencia de tracción 0 (N/mm ²)	16	10	18
Resistencia de tracción 90 (N/mm ²)	0,6	0,5	0,6
Resistencia de compresión 0 (N/mm ²)	22	17	23
Resistencia de compresión 90 (N/mm ²)	2,6	2,2	2,7
Resistencia a cortante (N/mm ²)	2,8	1,8	3,0

Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba, información tomada de (Espinosa Abad et al., 2018)

Se aborda también las propiedades de tableros comerciales de Melamina, Tríplex y MDF, estas se visualizan en la siguiente tabla.

Tabla 26.

Revisión de las propiedades físicas de tableros comerciales

Propiedades físicas y mecánicas	Melamina	Tríplex	MDF
Densidad (kg/cm ³)	590 - 630	480 - 570	730 - 820
Resistencia de flexión (N/mm ²)	14	22	40
Resistencia de tracción 90 (N/mm ²)	0,5		1,0
Resistencia de compresión 0 (N/mm ²)		16,5	

Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba, información tomada de (Masisa, 2020a, 2020b; Pelicano, 2021)

Revisando la información de las tablas antes presentadas, se entiende las ventajas de poder emplear los residuos de las distintas maderas (canelo, laurel y seike), las características más relevantes sobre tableros comerciales (Melamina, Trípex, MDF) se presentan en la densidad, ya que el producto de las maderas residuales se puede llegar a ser un 15% menos densos que los tableros comerciales, lo cual influye directamente en el peso del material.

Otra de las características relevantes que se puede abordar es la resistencia a la tracción, teniendo las maderas residuales valores más altos que los tableros de Melamina y Trípex. Revisando la resistencia a la tracción, las maderas residuales presentan mejores valores que los tableros de Melamina hasta en un 15%. La resistencia a la compresión de las maderas residuales es mejor hasta en un 32% a los tableros comerciales de Trípex.

Asimismo, con las pruebas mecánicas realizadas, tenemos las propiedades de los remanentes para abordar una comparativa en base a la tabla presentada a continuación.

Tabla 27.

Propiedades mecánicas del remanente

Material	Compresión	Flexión	Rugosidad	Dureza
	Módulo Elástico (kN/mm²)	Módulo Elástico (N/mm²)	Grado de rugosidad N6	
Nuevo material	2,36	604	0,8	63.8

Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba

Tabla 28.

Tabla de propiedades de los remanentes

Material	Compresión 90 (kN/mm²)	Flexión (N/mm²)	Norma
Canelo	2,6	27	-
Laurel del Oriente	0,5	16	-
Seike	0,6	30	-
Melamina	-	14	-
MDF	-	40	-

Tríplex	16,5	22	-
Nuevo material	2,36	604	ASTM D143

Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba, información tomada de (Espinosa Abad et al., 2018; Masisa, 2020a, 2020b; Pelicano, 2021)

3.8.3. Aplicación

Al realizar las planchas de tableros se puede concluir que, al realizar tableros con un formato más grande, disminuye su resistencia lo cual con varias experimentaciones. Se puede moldear las planchas ya que tienen un tamaño considerable de 25 cm x 25 cm el más grande y el más pequeño puede llegar a 15 cm x15 cm.

Revisando el aspecto práctico de la propuesta general, es posible aplicar el material en numerosas alternativas (piezas de mobiliario, estantes pequeños, separadores de espacios, soporte o cara de los cajones pequeños) y cada una de estas relacionada a varios beneficios, siendo el principal de estos beneficios el uso de tener una alternativa amigable ambientalmente y que involucra el uso de lo que antes eran desperdicios.

Figura 27.

Posibles aplicaciones



Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba

Lo antes comentado, incentiva al crecimiento de la empresa y por consiguiente el crecimiento económico productivo del sector manufacturero de muebles de madera y sus partes en el Ecuador.

El avance en la tecnología de materiales ha permitido la creación de materiales ensamblados innovadores que poseen características únicas y versátiles. En este sentido, la figura previamente presentada refleja un material con un potencial notable para diversas aplicaciones en el ámbito del diseño de interiores y mobiliario. A lo largo de esta argumentación, se experimentó cómo este material puede ser utilizado en una variedad de contextos, desde piezas de mobiliario hasta elementos decorativos y estructurales.

Con el objetivo de establecer una evaluación objetiva de los posibles usos de este material, se propone la creación de una tabla de validez. Esta tabla podría incluir parámetros como visual, ergonómico, propiedades físicas y mecánicas dependiendo a las maderas y tableros comerciantes, asignar valores para cada categoría en relación con cada posible uso. Esta metodología permitiría identificar de manera clara y sistemática los usos más adecuados y beneficiosos para el material.

3.8.4. Ficha de control del material

Para analizar las características obtenidas y así catalogar el material obtenido, se incurre en revisar una ficha de control elaborada mediante una entrevista con un maestro carpintero con más 10 años de experiencia, para marcar el cumplimiento de varias particularidades estéticas y técnicas.

La relevancia de la tabla de validación y su efectividad en este contexto es muy alta, debido a que su creación ha sido dirigida por un experto en el campo de la carpintería. Este experto, Santiago Chango, cuenta con 32 años, dentro de los cuales ha acumulado un conocimiento profundo y una amplia experiencia en este oficio a lo largo de más de 10 años. La dedicación a la carpintería muestra su pasión por el arte de trabajar la madera, además de su compromiso en perfeccionar sus habilidades y técnicas. Esta ficha se presenta a continuación:

Tabla 29.

Tabla de control del nuevo material

Variable	Categoría	Característica	Cumplimiento
Visual	Acabado	Aspecto visual de los elementos	Cumple

	Color	Aspecto agradable y fácil de incluir con otros elementos sin necesidad de recubrimientos adicionales	Cumple
	Textura	Aspecto agradable al tacto	Cumple
Propiedades físicas	Densidad de tabla	Comparativa de densidad respecto a maderas comerciales	Cumple
Propiedades mecánicas	Flexión de tablas	Comparativa con tableros comerciales. Aplicación de pesos similares a elementos.	Cumple
Costos	Material base	Uso de materiales residuales en mayor porcentaje del total de componentes	Cumple
	Material aglomerante	Uso de pegamento de fácil adquisición	Cumple

Nota. Elaborado por Evelyn Niachimba

La experiencia adquirida por el experto a lo largo de una década es un factor crucial en la validación de materiales ensamblados. Es así como, la perspectiva de este no solo está basada en teorías y manuales, sino también en la aplicación práctica y en la comprensión real de cómo diferentes materiales interactúan entre sí. Su implicación directa en la validación garantiza que las soluciones propuestas sean prácticas y viables desde una perspectiva técnica y funcional.

Otro aspecto que es de relevancia, concerniente a la validación del nuevo material, es el enfoque que tienen el experto en relación con el aprovechamiento de remanentes y a la gestión eficiente de residuos. Es así como, en un mundo cada vez más preocupado por la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental, este tipo de experiencia lo convierte en un activo valioso para cualquier empresa. Finalmente, la capacidad de dar nuevos usos a los remanentes demuestra la creatividad y la amplia capacidad de generar valor adicional, reduciendo el impacto ambiental del proceso de producción.

3.8.5. Conclusión de los resultados

La optimización de los recursos naturales que se ha convertido en un aspecto crítico para el desarrollo sostenible en diversas industrias. En este contexto, el análisis minucioso de la utilización de remanentes de madera y tableros como una estrategia valiosa para aprovechar eficientemente estos materiales. Al examinar detenidamente los datos obtenidos, se concluye que es posible aprovechar hasta un 56% de estos remanentes, lo que representa un potencial significativo para la reducción de desperdicios y la mejora del proceso de producción.

Una característica fundamental de estos remanentes es su composición en tablas que consisten en múltiples pedazos de madera y/o tablero. Cada tabla, en promedio, está compuesta por 4 a 5 pedazos que pueden variar en tamaño y tipo. Además, cabe destacar que las tablas mixtas, que combinan tanto madera como tablero, contienen en su estructura entre 5 y 7 pedazos. Estos números ilustran la complejidad y diversidad de las combinaciones que pueden obtenerse, brindando oportunidades creativas para la creación de materiales ensamblados mediante el uso estratégico de adhesivos.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

En base a los hallazgos encontrados con la investigación y en respuesta a los objetivos, se tienen las siguientes conclusiones:

- Mediante la clasificación de los remanentes de madera se puede concluir el aporte relevante en el ámbito ambiental, industrial y económico. Es así como, a través del objetivo general, se abordó la problemática de la generación y acumulación de residuos de tableros y madera en la empresa, al tiempo que se promueve la implementación de prácticas sostenibles en el sector de fabricación de mobiliario. La clasificación de estos remanentes de madera con base en sus propiedades físicas y mecánicas permitió identificar las características específicas de cada tipo de desecho, lo que facilitó su potencial uso en la creación de nuevos materiales ensamblados.
- Tras la revisión bibliográfica se consigue investigar las teorías del ecodiseño, metodologías y estrategias aplicadas a la gestión de recursos dentro de la industria del mueble, para definir parámetros de investigación. Dentro del ecodiseño, se revisan estrategias de conservación ambiental en las que, se tienen miras a las 7R (Reducción; Recuperación; Reutilización; Reciclaje, Repensar, Reestructurar y Redistribuir), orientadas al manejo adecuado de residuos de cualquier índole, enfatizando en la disminución en el uso de recursos naturales que proporcionan materias primas para la fabricación de bienes, dentro de este punto, se logra el nexo con materiales reciclados que reducen el uso de esta materia prima natural. Además, se hizo una revisión de los materiales ensamblados, en especial los que involucran residuos de maderas, lo cuales pueden ser aplicables debido a sus distintas propiedades mecánicas.

- Con la investigación se comparan los diversos remanentes (tableros y maderas), y sus características, que se generan en los procesos de fabricación de muebles en la empresa INMO, para conocer sus propiedades físicas y mecánicas, mediante un cuadro comparativo. La información se dispuso de manera estratégica para contrastar los valores obtenidos con la revisión bibliográfica esto con el fin de mantener información al alcance del investigador.
- Con la aplicación de proyecto, se evalúa la viabilidad de utilización de remanentes de madera en función de sus propiedades para identificar posibles aplicaciones y usos, mediante la visualización de datos. Se revisa que las aplicaciones se pueden extender a la fabricación de muebles, aplicaciones en interiores como divisiones, entresijos y decoraciones en techo debido a la facilidad del manejo del material. Se resalta el acabado del material, lo que hace de este muy apreciable para aplicaciones estéticas, distinguiendo acabados propios del proceso de fabricación que puede ser extendido a bienes para el hogar.
- La caracterización de los remanentes de tableros y maderas reciclados es esencial para evaluar sus propiedades y las aplicaciones de los mismos. Los ensayos efectuados en el Laboratorio de Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato generaron información acerca de la capacidad de resistencia a la flexión y compresión del material. Esta caracterización mecánica del material nuevo (remanentes), se efectuó mediante ensayos de compresión, flexión, dureza y rugosidad utilizando la norma ASTM D-143.
- A pesar de que obtienen propiedades de los remanentes con valores significativamente inferiores a los que se presentan en los materiales de manera individual, se puede tener una amplia variedad de aplicaciones, tales como en la fabricación de productos de decoración por su baja resistencia. Un uso extenso en temas de decoración se traduce en la revitalización y mejora de espacios internos y externos, proporcionando a los usuarios una experiencia más enriquecedora.

4.2. Recomendaciones

Se plantean los siguientes lineamientos a manera de recomendaciones:

- Adentrándonos al tema de cuidado de las especies de árboles, y compartiendo los objetivos medioambientales de la organización se recomienda que la empresa pueda incurrir en acciones como, optimizar los procesos de utilización de materia prima de desperdicio, en ese sentido, generar estrategias de producción más limpia a la par de la utilización de residuos madereros que ya se vienen desarrollando en el presente documento. Asimismo, se sugiere incurrir en el crear conciencia entre los integrantes de la organización, enfatizando en instrucción los operarios respecto a de la importancia del cuidado de la materia prima en general, no únicamente de la madera y sus derivados sino del resto de insumos empleados en los procesos. Otra de las alternativas es el conseguir utilizar el total del material de desperdicio, vinculando alternativas adicionales a la generación de materiales empleados en la fabricación de bienes muebles. Finalmente, se destina la idea de elaborar un plan de acción para la organización, el cual se vincule con el control de los residuos madereros para los distintos fines.
- Abordando el tema de sostenibilidad y sustentabilidad, se recomienda diversificar el uso de los materiales reciclados de la madera, recordando que: cerca del 20% de los residuos de madera se usan dentro de la industria de materiales de madera para la producción de tableros de aglomerado elementales para la fabricación de bienes. Asimismo, una gran parte, casi un 80% de la madera de desecho reciclada, se utiliza en centrales eléctricas de residuos de madera para generar energía respetuosa con el medio ambiente. En ese sentido y en base al segundo dato. Se recomienda efectuar de manera detallada una clasificación de maderas que no puedan servir para el tema de elaboración de bienes muebles, para que, en ese sentido, se destinen dichos recursos para la elaboración de elementos que puedan servir como combustibles para las distintas empresas. En ese sentido, implementar la opción presentada, el producto de esta, serviría como otro medio de financiamiento para la empresa, y se mantendría el carácter de cuidado

medioambiental promoviendo el uso de una nueva alternativa de generación de energía.

- Dentro del proceso de encolado, se recomienda el uso de cola blanca, esto debido a su facilidad de adquisición y almacenamiento debido a su presentación, cabe recalcar que la empresa mantiene un stock elevado de este insumo, lo que ayuda a que el proceso de encolado sea fluido y siempre se tenga este material para su efectiva aplicación. Se revisa que esta cola blanca es adecuada para todo tipo de aplicaciones, tales como construcciones y ensamblajes de madera y para el encolado de los distintos tipos de laminados y de las maderas empleadas como el canelo, el laurel de oriente y el seike, y en general cualquier tipo de maderas duras o blandas. Otro de los puntos fuertes que ameritan recomendación, es que, dentro de las características de este pegamento, es su fuerza tras el secado y su facilidad de manejo cuando está en su estado líquido, la cola blanca seca en pocos minutos y alcanza su fuerza máxima aproximadamente a las 24 horas después de la aplicación; además para temas estéticos, este tipo de cola al secar, es transparente lo que igual ayuda en el tema estético.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, J., & Guzowski, E. (2011). *Materiales y materias primas. Madera. Capítulo 3*. <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL007398.pdf>
- AITIM. (2003). *Los adhesivos y el encolado de la madera*. 7.
- Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera. (2011). *Madera Generalidades*. *Aitim*, 12. http://www.infomadera.net/uploads/productos/informacion_general_2_Madera_Generalidades_06.06.2011.pdf
- Asprilla Mosquera, D. B., Escobar Córdoba, J. D., Cañón Barriga, J. E., Aguilar Lemus, Y., & Maturana Guevara, J. C. (2022). Análisis del aprovechamiento sustentable de los residuos de la transformación de madera en dos municipios del Chocó (Colombia). *Ingeniería y Desarrollo*, 37(02), 192–211. <https://doi.org/10.14482/inde.37.2.1271>
- Bermeo, P., REa, V., López, R., & Pico, M. (2018). El reciclaje la industria del futuro en ecuador. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 22(87), 29–36. <https://uctunexpo.autanabooks.com/index.php/uct/article/download/183/240/>
- Caprabo. (2021). *Las 7 erres del consumidor ecológico*. <https://www.caprabo.com/pdflink/es/67150b6b-663e-11eb-ba68-0a015e50794c/las-7-r-del-consumidor-ecologico.pdf>
- Carrera, M., Carrera, B., & Yance, C. (2016). Las 4R como estrategias de conservación ambiental. contaminación ambiental. *Revista DELOS: Desarrollo Local Sostenible*, 2–4. <https://www.eumed.net/rev/delos/27/4R.html>
- Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario. (2012). *BIOMASA, BIOCOMBUSTIBLES Y SOSTENIBILIDAD*. [http://sostenible.palencia.uva.es/system/files/publicaciones/Biomasa%2CBiocombustibles y Sostenibilidad.pdf](http://sostenible.palencia.uva.es/system/files/publicaciones/Biomasa%2CBiocombustibles%20y%20Sostenibilidad.pdf)
- Cisneros, V. (2023). *Entrevista en la empresa INMO*.
- ContruEx. (2023). *Melamina Duraplac*.

- https://construex.com.ec/exhibidores/edimca/producto/duraplac_melamina
- Disensa. (2018). *Ficha técnica de Producto EDIMCA Triplex Industrial 18 mm.* 1.
- Ecuador Forestal. (2010). *Seique.* <http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/08/SEIQUE.pdf>
- Edímca. (2019). *Tríplex.* <https://edimca.com.ec/triplex.html>
- Edímca. (2022). *Plywood: principales usos y beneficios.* <https://edimca.com.ec/blogs/usos-beneficios-plywood.html>
- Empresa Circular. (2019). *Ecodiseño, clave de la economía circular.* https://ecoembes.com/soyempresacircular/wp-content/uploads/2021/11/ecodisenio_clave_de_la_economia_circular.pdf
- ENDESA. (2017). *Ficha Técnica De Calidad Del Tablero - Tablero Contrachapado Corriente.* https://www.endesabotrosa.com/images/productos/FT_Triplex.pdf
- Enrique, A. (2018). *Importancia del reciclaje de madera.* Ecología Verde. <https://www.ecologiaverde.com/importancia-del-reciclaje-de-madera-1706.html>
- Espinosa Abad, P., Proaño Escandón, D. J., Barrera, L., & Arpi Crespo, E. L. (2018). *Catálogo de madera estructural.* Universidad del Azuay. https://www.researchgate.net/publication/361899534_Catalogo_de_madera_Estructural_de_Ecuador
- Espinoza, P. (2018). *Proyecto De Espacio Interior En Base a Remanentes De Los Talleres De Contrucción De Mobiliario.* 91.
- FAO. (2018). Transformar la alimentación y la agricultura para alcanzar los ODS. In *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.*
- FAO. (2022). El estado de los bosques del mundo 2022, Vías forestales hacia la recuperación verde y la creación de economías inclusivas, resilientes y sostenibles. In *El estado de los bosques del mundo 2022.* <https://www.fao.org/3/cb9360es/cb9360es.pdf>
- FAO. (2023). *Gestión forestal sostenible.* ONU. <https://www.fao.org/sustainable-forests-management/es/>

- Fariño, K. (2022). *Análisis del impacto ambiental causado por la fabricación, uso y disposición final de neumáticos; con propuesta de reciclaje en bloques de hormigón* [Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23599/1/UPS-GT003983.pdf>
- Feliú, F. (2015). Análisis Tipos de Madera. *Estructuras Recíprocas, Vol. 1*. https://wiki.ead.pucv.cl/images/c/c2/Laminas_trabajos.pdf
- Fernández, J. M. (2010). *Mejora Ambiental de producto*. Ecodiseño de IHOBE. [https://proyectaryproducir.com.ar/public_html/Seminarios_Posgrado/Bibliog_obligat/IHOBE Manual Practico de Ecodiseno/IHOBE PPT Ecodiseño.pdf](https://proyectaryproducir.com.ar/public_html/Seminarios_Posgrado/Bibliog_obligat/IHOBE_Manual_Practico_de_Ecodiseno/IHOBE_PPT_Ecodiseño.pdf)
- Freire, C., Mayorga, F., Vayas, T., & Sánchez, A. M. (2021). Industria de Muebles en Ecuador. *Universidad Técnica de Ambato - Observatorio Económico y Social*, 1–4.
- Galindo Galindo, J. (2020). *Determinación de las propiedades mecánicas de las vigas de madera laminada como elementos estructurales* [Universidad de Cuenca]. [http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/34545/1/Trabajo de Titulación.pdf](http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/34545/1/Trabajo_de_Titulación.pdf)
- Gonzalez, Y., Mejía, D., & Méndez, Y. (2018). *Aprovechamiento De Los Residuos De Madera* [Universidad La Gran Colombia]. https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/4078/Aprovechamiento_residuos_madera.pdf
- GreenTechnology. (2018). *GreenTechnology*. <http://www.greentechnology.cl/index>
- Grupo Losán. (2015). *Tablero de Melamina. Especificaciones Técnicas*. <https://www.esteba.com/docs/certificates/83815180C.pdf>
- Hervás, V. (2012). Materiales de uso técnico. La Madera. *Tecnología Industrial I*, 1–7. https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2013/02/materiales_madera.pdf
- Italporte RD. (2022). *División de las maderas*. <http://www.italporte.com.do/>
- La Cuarta Construcción. (2022). *Conozca las maderas duras y blandas y decida la*

mejor opción para sus proyectos. <https://constructor.lacuarta.com/noticias/tema-central/conozca-las-maderas-duras-y-blandas-y-decida-la-mejor-opcion-para-sus-proyectos.html>

Lara, J. (2018). Reducir, Reutilizar, Reciclar. *Elementos: Ciencia y Cultura*, 15(69), 45–48. <https://www.redalyc.org/pdf/294/29406907.pdf>

López-Chalarca, L. T., Vega Rodríguez, L. Y., Rendón Colorado, C. D., & Tobón-Rojas, S. (2021). Characterization of wood industry waste for use in different applications. *Ingeniería y Desarrollo*, 38(1), 104–124. <https://doi.org/10.14482/inde.38.1.691.1>

López, C. (2019). *Propuesta para el aprovechamiento de los residuos generados en la fábrica de muebles “WILSON ALVARADO”, Santo Domingo de los Tsáchilas [UTE]*. <https://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/handle/123456789/20606?locale-attribute=es>

Losán. (2015). *Tablero de Melamina. Especificaciones técnicas*. 1–4.

MaderaPedia. (2019). *Densidad de la madera*. Revista Educativa Maderapedia.Com. https://www.maderapedia.com/general/densidad_de_la_madera.html

Maderas Primavera. (2019). *Tablas Y Tablones*.

Masisa. (2020a). *Ficha Técnica MDF*. https://ecuador.masisa.com/wp-content/files_mf/15935500192020_Ficha_MDF.pdf

Masisa. (2020b). *Ficha Técnica Melamina*. https://ecuador.masisa.com/wp-content/files_mf/15935422292020_Ficha_MDP_MELAMINA.pdf

Migliani, A. (2019). *Reutilización de la madera: transformando piezas descartadas en objetos de arte*. Arch Daily. <https://www.archdaily.mx/mx/912202/reutilizacion-de-la-madera-transformando-piezas-descartadas-en-objetos-de-arte>

Morales, M., & Acurio, D. (2018). ACCESORIOS PARA DORMITORIOS INFANTILES REUTILIZANDO REMANENTES DE MADERA PREFABRICADA DE LA EMPRESA NOVO. In *Pontífica Universidad Católica del Ecuador, Sede Ambato* (Vol. 3, Issue 1).

<https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>

Moyano, L. (2018). La incidencia de la línea de madera importada y su impacto en la economía local de la parroquia Huambaló de la provincia de Tungurahua. *Universidad Tecnica de Ambato*, 1–105. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27090/1/T4158e.pdf>

Palma, L., & Arroyo, F. (2023). *Diseño y economía circular como modelo de producción sostenible en el sector manufacturero de muebles de madera y sus partes en el Ecuador* [Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/29254/1/FING-CIDI-PALMA LISSETTE.pdf>

Pelicano. (2021). *Tableros contrachapados*. <https://Pelikano.Com/>. <https://pelikano.com/wp-content/uploads/2021/12/8-plywood.pdf>

RECAI. (2020). *Normas ISO de la gestión ambiental*. <http://www.recaiecuador.com/Descargacursogestionambiental/Unidad 4.pdf>

ReciclaMás. (2020). *Descubre Las 7Rs De La Economía Circular*. Fondo Europeo de Desarrollo Regional. <https://reciclamas.eu/blog/descubre-las-7rs-de-la-economia-circular/>

RefoCosta. (2021). *Productos en Pino Tríples*. 4.

REPSOL. (2023). *La sostenibilidad como clave de la innovación*. <https://Www.Repsol.Com/>. <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/ecodisenio/index.cshtml#:~:text=El ecodiseño es una práctica,diarias y en la industria.>

Rieradevall, J. (2012). *Ecodiseño estrategia clave para la ecoinnovación de productos y servicios*. <https://is.upc.edu/ca/seminaris-i-jornades/seminaris/seminaris-de-recerca-is.upc-1/seminaris-is.upc-1/ecodisenio-y-ecoinnovacion>

Rodríguez, S. (1998). Antecedentes tecnológicos de Canelo (*Drimys winteri* Forst.). *Bosque*, 19(1), 91–99. <https://doi.org/10.4206/bosque.1998.v19n1-10>

SAE. (2018). *Diseño y desarrollo de productos sin impacto ambiental*. <https://www.acreditacion.gob.ec/ecodisenio-de-productos/#:~:text=La>

implementación de la norma, tratamiento específico para cada producto.

Sanabria, E., Cayré, M., & Frank, A. (2011). Evaluación de tres adhesivos en la fabricación de tableros enlistonados de *Aspidosperma quebracho blanco* estabilizado con polietilenglicol. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 17(1).
<https://doi.org/https://doi.org/10.5154./r.rchscfa.2010.05.030>

Sardiza Asensio, J. (2018). *La madera laminada en la arquitectura* [Universidad Politécnica de Madrid].
https://oa.upm.es/54403/1/TFG_Sevilla_Allende_Ramon.pdf

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2020). *Día Internacional del Reciclaje 2020*. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/dia-internacional-del-reciclaje-2020#:~:text=Es apremiante adoptar los modelos erre de uso y consumo responsables&text=Es hora de que todos,-Repensar-Reestructurar-Redistribuir>.

Solano Benavides, E., Alandete Brochero, N., & Estrada López, H. (2022). *Residuos de madera. Impacto Social, Económico y Ambiental*. Universidad Simón Bolívar.
<https://doi.org/10.17081/r.book.2023.02.11687>

Suirezs, T., & Gilson, B. (2010). *Descripción de las propiedades físicas y mecánicas de la madera* [Universidad Nacional de Misiones].
https://editorial.unam.edu.ar/images/documentos_digitales/f5_978-950-579-154-5.pdf

Tapia, L., Peña, P., & Terán, C. (2014). PROPIEDADES ANATÓMICAS, FÍSICAS Y MECÁNICAS DE 93 ESPECIES FORESTALES. In *Ministerio del Ambiente del Ecuador* (Vol. 6, Issue August).

Vallejo Ruiz, C. R. (2021). *Diseño del laboratorio de dibujo técnico y mobiliario multifuncional para la Facultad de Diseño Arquitectura de la UTA de AMBATO*.
<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/32209>

VerdeA Consulting. (2020). *¿Qué es el ecodiseño?* Consultoría Medioambiental.
<https://verdeaguaconsulting.es/ecodiseno/>

Villalobos, L. (2006). Ecología y medio ambiente. *Universidad Nacional Agraria, 1*,

74.

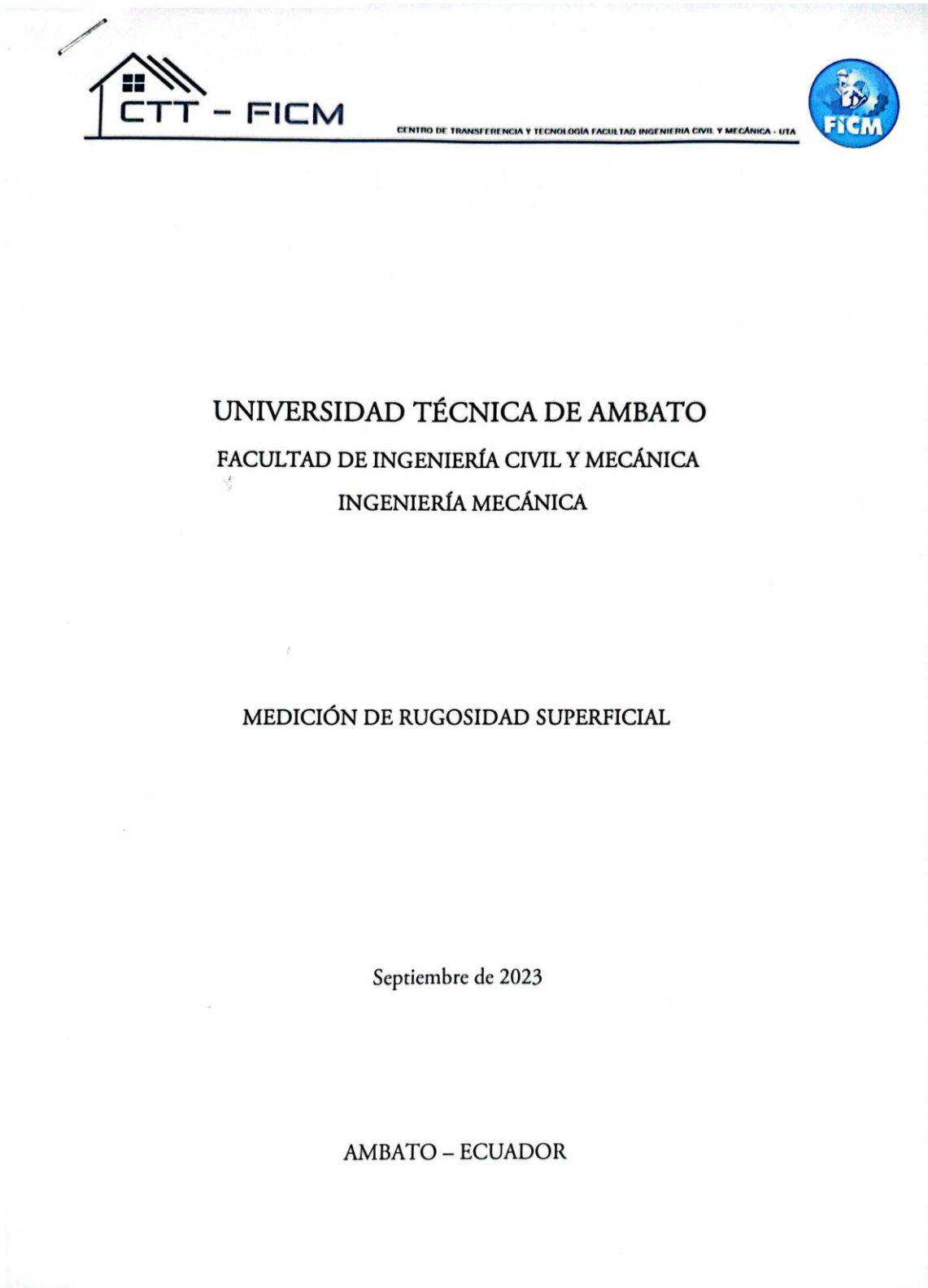
Villanueva, A., Vargas, X., & Sánchez, J. (2019). Caracterización y alternativas de gestión de residuos en fábricas de muebles de madera en la ciudad de Barranquilla , Colombia Línea Temática: Residuos Sólidos . *Tendencias de Mercado, Innovación y Aprovechamiento de Residuos Sólidos Del Sector Muebles En Países de Iberoamérica*.

Wolfgang, W., & Rainer, Z. (2003). *Ecodesign Pilot* (Vol. 3). Kluwer Academic Publishers. <https://doi.org/10.1007/0-306-48393-9>

Zambrano-Carranza, D. M., Pérez-Parra, J. C., & Perero-Espinoza, G. A. (2021). EVOLUCIÓN DE LA NORMA ISO 14001 Y SU IMPLEMENTACIÓN EN EL ECUADOR. *REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINARIA ARBITRADA "YACHASUN,"* 5(8 Edición especial junio), 9–26. <https://doi.org/10.46296/yc.v5i8edespjun.0096>

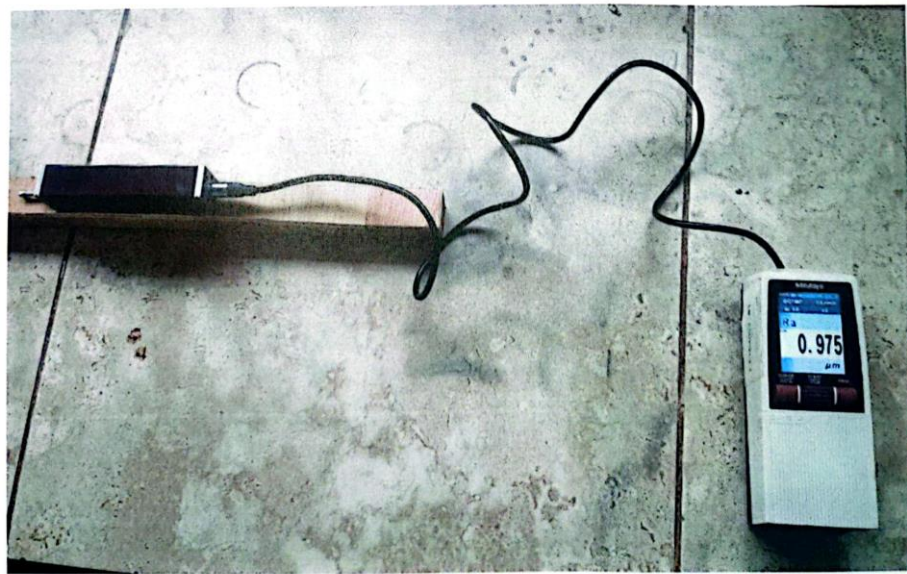
ANEXOS

Anexo 1. Informe Medición de Rugosidad Superficial.



INFORME TÉCNICO
CTT-2023-240

RESULTADOS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA Centro de Transferencia y Tecnología FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS:			
Fecha:	07/09/2023	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorios de Materiales de la FICM		Campus Huachi
Equipo:	Rugosímetro digital MITUTOYO Surftest SJ-210		
Realizado por:	Ing. Jonathan Mora	Supervisado por:	Ing. Byron Lopez
Tipo de material:	Remanentes de tablero y madera	Orden:	CTT-240
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de Medición:	Medición de rugosidad (Ra)	Norma:	ISO 4287-1997
Codificación de probetas:	RMT	N° de probetas:	1
			

Resultados de la medición de rugosidad media Ra(um)

Nº Probeta	MEDICIONES
1	0,680
	0,706
	0,975
	0,597
	0,502
PROMEDIOS	0,692

Conclusión:

La superficie de probeta es apreciable al tacto, y se los pueden observar a simple vista.

Para probeta de remanente de madera y tablero se tiene una rugosidad de grado N6.

Ra [µm]	Nº de Grado de Rugosidad
50	N12
25	N11
12,5	N10
6,3	N9
3,2	N8
1,6	N7
0,8	N6
0,4	N5
0,2	N4
0,1	N3
0,05	N2
0,025	N1

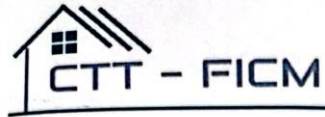


REALIZADO POR
Ing. Jonathan Mora
LABORATORIO DE MATERIALES



SUPERVISADO POR
Ing. Byron Lopez
TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 2. Informe Ensayo de Dureza Shore D – ISO 868



CENTRO DE TRANSFERENCIA Y TECNOLOGÍA FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA - UTA



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
INGENIERÍA MECÁNICA**

ENSAYO DE DUREZA SHORE D - ISO 868

Septiembre 2023

AMBATO-ECUADOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CENTRO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS




CTT FICM
CENTRO DE TRANSFERENCIA DE
TECNOLOGÍAS
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica

ENSAYO DE DUREZA

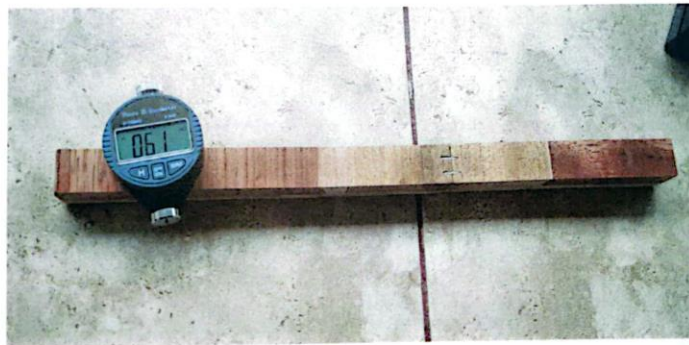
DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	De laboratorio	Norma:	ISO 868
Identificación del componente de estudio:	Remanentes de tableros y madera		
Solicitado por:	Evelyn Niachimba	Fecha:	07/09/2023
Centro de Estudio y Análisis:	Laboratorio de Metalografía - FICM		

PARÁMETROS

Equipo:	Shore D durometer		Modelo:	NA
	Temperatura Ambiente:	Dureza:	Iluminación:	Orden:
	20.0 ° C	SHORE D	Luz Natural	CTT-2023-240
		Identador: SR0.1mm		
Precisión: ± 1%				

PROBETA A ENSAYAR:



RESULTADOS:

Las lecturas se muestran en la forma de dureza Shore "D/1:60" la cual indica una lectura de 60 en el durómetro tipo D obtenida en 1 segundo.

RESULTADOS PROBETAS "SUELA DE CAUCHO DERECHA":

PROBETAS SUELA DE CAUCHO DERECHA	
Número de medición	Dureza Shore D
1	D/1:55
2	D/1:69,5
3	D/1:56
4	D/1:75
5	D/1:63.5
POMEDIO	63.8



REALIZADO POR
 Ing. Jonathan Mora
 LABORATORIO DE MATERIALES



SUPERVISADO POR
 Ing. Byron Lopez
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 3. Informe Ensayo a Flexión – ASTM D143

#		Identificación de probeta	Temp (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Desplazamiento mm	Tensión Máxima (Mpa)	Módulo Elástico (GPa)	% Deformación máxima
					Ancho	Espacio entre soportes					
1		Remanente 01	21,3	57,1	27,00	150,00	121,3550	1,45483	1,4960	0,42459	1,00868
2		Remanente 02			27,00	150,00	685,1050	3,65133	8,4456	0,78383	2,53159
Promedio							403,230	2,553	4,971	0,604	1,770
Mediana							403,230	2,553	4,971	0,604	1,770
Desviación estándar							398,631	1,553	4,914	0,254	1,077
Coeficiente de variación							0,989	0,608	0,989	0,420	0,608
Máximo							685,105	3,651	8,446	0,784	2,532
Mínimo							121,355	1,455	1,496	0,425	1,009
Rango							563,750	2,197	6,950	0,359	1,523

ANEXOS FOTOGRAFICOS

Remanente 01

Remanente 02

Realizado por: Ing. Jonathan Mora
TÉCNICO DE LABORATORIO 1
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Supervisado por: Ing. Byron Lopez
TÉCNICO DE LABORATORIO 2
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Anexo 4. Informe Ensayo a Compresión – ASTM D143

#		Material	Temp (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Desplazamiento mm	Tensión Máxima (Mpa)	Módulo Elástico (N/mm ²)	% Deformación máxima
					Ancho	Altura					
1		Remanente 01	21,3	57,1	27,00	160,00	5448,5100	3,14166	7,4740	1157,560	1,96354
2		Remanente 02			27,00	160,00	4784,8100	1,72060	7,6557	1345,420	1,07538
3		Remanente 03			27,00	101,00	21151,1000	1,53870	33,8417	4568,500	1,52347
					Promedio		10461,473	2,134	16,324	2357,160 +	1,521
					Mediana		5448,510	1,721	7,656	1345,420	1,523
					Desviación estándar		9263,434	0,878	15,171	1917,379	0,444
					Coeficiente de variación		0,885	0,411	0,929	0,813	0,292
					Maximo		21151,100	3,142	33,842	4568,500	1,964
					Minimo		4784,810	1,539	7,474	1157,560	1,075
					Rango		16366,290	1,603	26,368	3410,940	0,888

ANEXOS FOTOGRAFICOS

Remanente 01

Remanente 02

Remanente 03

Realizado por: **Jonathan Mora**
TÉCNICO DE LABORATORIO 1
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Supervisado por: **Byron Lopez**
TÉCNICO DE LABORATORIO 2
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA