



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS TABLEROS FABRICADOS CON ESTOPA DE COCO

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial.

Autores:

Crisanto Suntasig Nicolas Javier

Nájera Garofalo Robin Sebastián

Tutor Académico:

Ing. Msc. Espín Beltrán Cristian
Xavier

LATACUNGA – ECUADOR

FEBRERO - 2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

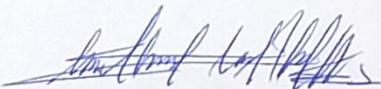
Crisanto Suntasig Nicolas Javier, con cédula de ciudadanía No. 1727681197, Nájera Garofalo Robin Sebastián, con cédula de ciudadanía No. 0202192753 declaramos ser autores del presente **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: “ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS TABLEROS FABRICADOS CON ESTOPA DE COCO.”**, Siendo el Ing. Espín Beltrán Cristian Xavier Msc., tutor del presente trabajo investigativo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, Marzo del 2024



Crisanto Suntasig Nicolas Javier
C.C: 1727681197



Nájera Garofalo Robin Sebastián
C.C: 0202192753

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS TABLEROS FABRICADOS CON ESTOPA DE COCO.”, de Crisanto Suntasig Nicolas Javier; Nájera Garofalo Robin Sebastián, de la carrera de Ingeniería Industrial, considero que dicho Informe Investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas técnicas, traducción y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre – defensa.

Latacunga, Marzo del 2024.



Ing. Msc. Cristian Xavier Espín Beltrán
C.C: 0502269368
TUTOR

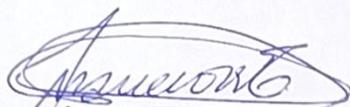
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de Ingeniería y Aplicadas: por cuanto, a los postulantes; Crisanto Suntasig Nicolas Javier; Nájera Garofalo Robin Sebastián con el título de proyecto de titulación: **“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS TABLEROS FABRICADOS CON ESTOPA DE COCO**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometidos al acto de Sustentación de Titulación.

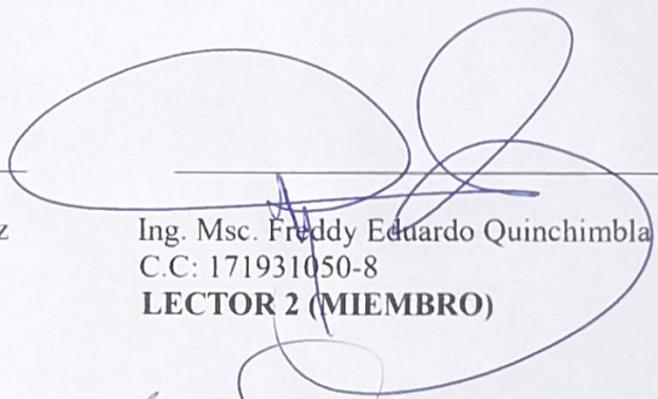
Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, Marzo del 2024

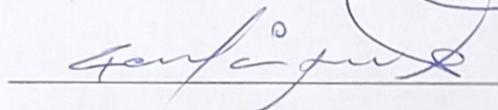
Para constancia firman:



Dr. Medardo Ángel Ulloa Enriquez
C.C: 100097032-5
LECTOR 1 (PRESIDENTE)



Ing. Msc. Freddy Eduardo Quinchimbla Pisuña
C.C: 171931050-8
LECTOR 2 (MIEMBRO)



Ing. Msc. Josué Jonnatan Constante Armas
C.C: 050203456-4
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres, quienes han estado a mi lado en cada paso de este camino. Su amor incondicional, su apoyo constante y su sacrificio han sido la base sobre la cual he construido mi trayectoria académica. Gracias, Padre Robinson Nájera y Madre María Garofalo, por su dedicación y por creer en mí.

A mi futura esposa, Monserrath Córdova, quiero agradecerte por ser mi roca en los momentos más difíciles. Tu apoyo incondicional, tu paciencia y tu amor han sido una fuente inagotable de motivación y fortaleza. Gracias por estar a mi lado y por ser mi compañera de vida.

No puedo dejar de mencionar al Ing. Xavier Espín, mi tutor académico, cuya orientación experta y dedicación han sido fundamentales para el desarrollo de este proyecto. Sus conocimientos y experiencia han sido invaluable, y estoy agradecido por su guía y mentoría.

Asimismo, quiero agradecer al Dr. Medardo Ulloa, al Msc. Freddy Quinchimbla y a Josué Constante por aceptar el rol de lectores de este proyecto. Sus valiosos comentarios, sugerencias y aportes han enriquecido significativamente mi trabajo, y estoy agradecido por su tiempo y dedicación.

Con gratitud y cariño,

Robin Sebastián Nájera Garofalo

AGRADECIMIENTO

A mis queridos padres, Galo Crisanto y Mirian Suntasig, quienes han sido mi roca y guía a lo largo de esta travesía académica. Su sacrificio, amor incondicional y constante apoyo han sido los cimientos sobre los cuales construí cada página de esta tesis. Este logro es tan suyo como mío, y les estoy eternamente agradecido.

A mi futura esposa, Katherine Morales, cuyo amor y comprensión han sido mi refugio en los momentos más desafiantes. Gracias por ser mi fuente de inspiración y por caminar a mi lado en este viaje.

Expreso mi profundo reconocimiento al ingeniero Xavier Espín, mi tutor y guía, cuya orientación experta y paciencia han sido fundamentales para dar forma a este trabajo. Su mentoría ha sido un faro que iluminó el camino hacia el éxito académico.

A los distinguidos lectores de esta tesis, al Dr. Medardo Ulloa, al Msc. Freddy Quinchimbla y al Msc. Josué Constante, les agradezco sinceramente por dedicar su tiempo y esfuerzo para evaluar este trabajo. Sus comentarios y sugerencias han enriquecido considerablemente la calidad de la investigación.

Este proyecto no habría sido posible sin la contribución invaluable de cada persona mencionada. A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento.

Con gratitud,

Nicolas Javier Crisanto Suntasig

DEDICATORIA

Mi trabajo de investigación se lo dedico a mis padres, Robinson Nájera y Maria Garofalo, por ser mi constante fuente de inspiración y apoyo durante toda mi trayectoria académica.

También quiero dedicar este logro a mi futura esposa, Monserrath Córdova, por su incondicional apoyo, guía y amor en los momentos más difíciles de mi etapa.

Agradezco a mi familia y amigos por su aliento y confianza en mis capacidades, así como a mis profesores y mentores por su invaluable orientación y conocimientos.

Este trabajo de grado es el resultado de mi perseverancia y dedicación, pero también es fruto del apoyo incondicional de cada una de las personas mencionadas.

Aprecio y cariño,

Robin Sebastián Nájera Garofalo

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a dos pilares inquebrantables en mi vida: mis amados padres, Galo Crisanto y Mirian Suntasig. Su apoyo incondicional, sabiduría y amor han sido la luz que ha guiado cada paso de mi trayectoria académica. Cada logro alcanzado en esta tesis es un reflejo de los valores y enseñanzas que me han transmitido a lo largo de los años.

A mis queridos hermanos, Adan y Alex, cuya presencia ha sido una fuente constante de motivación y alegría. Juntos hemos enfrentado desafíos y celebrados triunfos, y esta investigación es un testimonio de la fuerza que surge de nuestra unión.

A mi futura esposa, Katherine Morales, mi compañera de vida y confidente. En los momentos más difíciles, tu apoyo inquebrantable ha sido mi refugio. Este trabajo lleva impreso el amor y la fortaleza que compartimos, y representa el inicio de un nuevo capítulo que construiremos juntos.

Que este logro sea un modesto tributo a la familia que me ha dado raíces, alas y un hogar en cada paso de mi viaje.

Con gratitud y amor;

Nicolas Javier Crisanto Suntasig

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS TABLEROS FABRICADOS CON ESTOPA DE COCO

Autores:

Crisanto Suntasig Nicolas Javier

Nájera Garofalo Robin Sebastián

RESUMEN

El estudio abordó el desarrollo de una alternativa sostenible para la fabricación de tableros, utilizando estopa de coco como material principal. Los objetivos se centraron en seguir un proceso estandarizado, investigar los requisitos de la norma NTE INEN 3110 y realizar pruebas de laboratorio para evaluar la viabilidad del material. La metodología incluyó la mezcla de estopa de coco con resina de poliuretano en diferentes proporciones, seguida de la fabricación de probetas y pruebas de resistencia a la flexión, módulo de elasticidad, hinchazón por humedad, resistencia al arranque de superficie y cohesión interna. Los resultados revelaron que los tableros fabricados con estopa de coco cumplen en su mayoría con los requisitos establecidos en la norma NTE INEN 3110 en cuanto a resistencia a la flexión, módulo de elasticidad, resistencia al arranque de superficie y cohesión interna. Sin embargo, se observó una hinchazón por humedad que excede el límite especificado por la norma EN 323, indicando la necesidad de ajustes para mejorar esta propiedad. Se recomienda explorar diferentes métodos de procesamiento y mezclado de la estopa de coco con la resina de poliuretano, realizar un estudio más detallado de los requisitos normativos y desarrollar técnicas de tratamiento de la estopa de coco para reducir su susceptibilidad a la absorción de humedad. En resumen, aunque la estopa de coco muestra potencial como material alternativo para la fabricación de tableros, se requieren ajustes para garantizar su plena compatibilidad con las normas de referencia y mejorar su viabilidad en aplicaciones prácticas.

Palabras clave: estopa, coco, tableros, conglomerados, INEN.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TITLE: STUDY OF THE PHYSICAL PROPERTIES OF BOARDS MANUFACTURED WITH COCONUT TOW

Author:

Crisanto Suntasig Nicolas Javier

Nájera Garofalo Robin Sebastián

ABSTRACT

The study addressed the development of a sustainable alternative for the manufacture of boards, using coconut tow as the main material. The objectives focused on following a standardized process, investigating the requirements of NTE INEN 3110, and conducting laboratory tests to evaluate the feasibility of the material. The methodology included mixing coconut tow with polyurethane resin in different proportions, followed by the fabrication of specimens and testing for flexural strength, modulus of elasticity, moisture swelling, surface pullout resistance, and internal cohesion. The results revealed that the boards manufactured with coconut tow mostly comply with the requirements established in NTE INEN 3110 in terms of flexural strength, modulus of elasticity, resistance to surface bursting, and internal cohesion. However, moisture swelling exceeding the limit specified by EN 323 was observed, indicating the need for adjustments to improve this property. It is recommended that different methods of processing and mixing coconut tow with polyurethane resin be explored, a more detailed study of the regulatory requirements be conducted, and coconut tow treatment techniques be developed to reduce its susceptibility to moisture absorption. In summary, although coconut tow shows potential as an alternative material for the manufacture of boards, adjustments are required to ensure its full compatibility with reference standards and to improve its feasibility in practical applications.

Keywords: tow, coconut, boards, conglomerates, INEN.

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
<i>AGRADECIMIENTO</i>	v
<i>DEDICATORIA</i>	vii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
ÍNDICE GENERAL	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
INDICE DE FIGURAS	xv
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	xvii
2. INTRODUCCIÓN	1
2.1. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA.....	1
2.1.1. Estopa de Coco como Material Sostenible	1
2.1.2. Normativa y Estándares de Calidad	2
2.1.3. Proceso de Fabricación de Tableros con Estopa de Coco	2
2.1.4. Propiedades Físicas y Mecánicas	2
2.1.5. Propiedades físicas y mecánicas de la estopa de coco	3
2.2. EL PROBLEMA.....	4
2.2.1. Planteamiento del problema	4
2.2.2. Formulación del problema	5
2.3. BENEFICIARIOS	5

2.4.	JUSTIFICACIÓN.....	5
2.5.	HIPÓTESIS.....	6
2.6.	OBJETIVOS.....	7
2.6.1.	Objetivo general.....	7
2.6.2.	Objetivos específicos.....	7
2.7.	SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	7
3.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	9
3.1.	ANTECEDENTES.....	9
3.2.	MARCO REFERENCIAL.....	13
3.2.1.	Conceptualización y aplicación de la estopa de coco.....	13
3.2.2.	Importancia de los tableros fabricados con estopa de coco.....	19
3.2.3.	Procedimientos para realizar análisis a las propiedades físicas de los tableros de estopa de coco.....	20
3.2.4.	Requisitos generales para la aplicación de la norma NTE INEN 3110.....	34
3.2.5.	Valores requeridos para la aplicación de la norma NTE INEN 3110.....	36
3.2.6.	Criterios que se utilizan para comparar los resultados con la norma NTE INEN 3110.....	38
4.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	42
4.1.	METODOLOGÍA.....	42
4.1.1.	Diseño de investigación.....	42
4.1.2.	Tipo de investigación.....	42
4.1.3.	Enfoque de investigación.....	43
4.1.4.	Técnicas e instrumentos de investigación.....	44

4.2.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	46
3110	4.2.1. Proceso de fabricación del tablero de estopa de coco por norma NTE INEN	46
	4.2.2. Criterio para diseño de probetas	54
	4.2.3. Fabricación de moldes de tableros	56
	4.2.4. Fabricación de tableros de estopa de coco	58
	4.2.5. Fabricación de probetas	61
	4.2.6. Aplicación de ensayos sobre probetas	62
	4.2.7. Recolección y discusión de resultados	66
	4.2.8. Comprobación de hipótesis	86
4.3.	EVALUACIÓN, TÉCNICO, SOCIAL, AMBIENTAL Y ECONÓMICA.....	88
	4.3.1. Viabilidad económica	88
	4.3.2. Viabilidad social	90
	4.3.3. Viabilidad ambiental	91
	4.3.4. Viabilidad técnica	92
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	94
	5.1. CONCLUSIONES	94
	5.2. RECOMENDACIONES	95
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Beneficiarios del proyecto	5
Tabla 2.2. Herramientas comunes para extraer y acondicionar la estopa de coco para la fabricación de tableros.....	18
Tabla 3.3. Elementos para fabricación del tablero de estopa de coco a analizar.....	49
Tabla 3.4. Parámetros de comparación según la norma NTE INEN 3110	50
Tabla 3.5. Especificaciones generales de salida de fábrica según la norma NTE INEN 3110.	51
Tabla 3.6. Formato de recolección de datos del tablero según la norma NTE INEN 3110.....	53
Tabla 3.7. Parámetros de diseño de la máquina de prueba universal	54
Tabla 3.8. Parámetros de diseño de probeta - ASTM	54
Tabla 3.9. Relación de resultados de ensayos.....	70
Tabla 3.10. Relación de resultados de ensayos.....	75
Tabla 3.11. Relación de resultados de ensayos	80
Tabla 3.12. Tabla comparativa valores de Norma NTE INEN 3110 vs valores de proporción %70-%30.....	85
Tabla 3.13. Prueba para las muestras 60%-40\$	87
Tabla 3.14. Prueba para las muestras 70%-30%.....	87
Tabla 3.15. Dimensionamiento de moldes según medidas de probetas.....	88
Tabla 3.13. Cálculo de resina y fibra de coco.....	88
Tabla 3.14. Relación de costos del material usado	89
Tabla 3.15. Viabilidad ambiental de la estopa de coco.....	91
Tabla 3.16. Viabilidad técnica de la estopa de coco	92

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Proceso de fabricación de tableros de estopa de coco.....	18
Figura 3.2. Recopilación de estopa de coco en el laboratorio por los autores.....	47
Figura 3.3. Prototipo de probeta Sheet Type de la norma ASME E8.....	55
Figura 3.4. Disposición de moldes de melamina.....	57
Figura 3.5. Ensamblado de moldes de melamina.....	57
Figura 3.6. Disposición final de moldes de melamina.....	58
Figura 3.7. Relleno de molde de estopa con resina (50-50).....	58
Figura 3.8. Relleno de molde de estopa con resina (70-30).....	59
Figura 3.9. Mezclado de los elementos de resina a 50-50.....	59
Figura 3.10. Vertido del mezclado de resina en los moldes.....	60
Figura 3.11. Aplicación de fuerza hidráulica sobre los moldes.....	60
Figura 3.12. Moldes en horno.....	61
Figura 3.13. Moldes en horno.....	61
Figura 3.14. Corte de probetas.....	62
Figura 3.15. Corte de probetas.....	62
Figura 3.16. Corte de probetas.....	63
Figura 3.17. Colocación de probetas en máquina de ensayos de flexión.....	63
Figura 3.18. Seguimiento del ensayo en pantalla.....	64
Figura 3.19. Visualización de resultados de ensayos en pantalla.....	64
Figura 3.20. Ajuste de probetas para el ensayo de tracción.....	65
Figura 3.21. Visualización de resultados de tracción en pantalla.....	65
Figura 3.22. Graficación de resistencia a la flexión – Relación 50%-50%.....	71
Figura 3.23. Graficación de cohesión interna– Relación 50%-50%.....	71

Figura 3.24. Graficación de módulo de elasticidad– Relación 50%-50%.....	72
Figura 3.25. Graficación de densidad– Relación 50%-50%.....	72
Figura 3.26. Graficación de hinchazón de grosor– Relación 50%-50%	73
Figura 3.27. Graficación de resistencia a la flexión – Relación 60%-40%.....	76
Figura 3.28. Graficación de cohesión interna– Relación 60%-40%.....	76
Figura 3.29. Graficación de módulo de elasticidad a la flexión– Relación 60%-40%.....	77
Figura 3.30. Graficación de densidad– Relación 60%-40%.....	77
Figura 3.31. Graficación de hinchazón por grosor– Relación 60%-40%.....	78
Figura 3.32. Graficación de resistencia a la flexión – Relación 70%-30%.....	81
Figura 3.33. Graficación de cohesión interna – Relación 70%-30%.....	81
Figura 3.34. Graficación de módulo de elasticidad de flexión– Relación 70%-30%.....	82
Figura 3.35. Graficación de densidad – Relación 70%-30%.....	82
Figura 3.36. Graficación de hinchazón en grosor– Relación 70%-30%	83

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título: Estudio de las propiedades físicas de los tableros fabricados con estopa de coco.

Fecha de inicio: octubre de 2023.

Fecha de finalización: Febrero 2024.

Lugar de ejecución: Universidad Técnica de Cotopaxi.

Facultad que auspicia: Ciencias de la ingeniería y aplicadas

Carrera que auspicia: Ingeniería Industrial

Proyecto de investigación vinculado: Optimización de procesos productivos utilizando métodos y técnicas para mejoramiento continuo en el sector productivo.

Tutor de titulación: Ing. Msc. Espín Beltrán Cristian Xavier

Estudiantes: Crisanto Suntasig Nicolas Javier

Nájera Garofalo Robin Sebastián

Área de Conocimiento: 07 Ingeniería Industrial y Construcción

072 Fabricación de procesos

0722 Materiales (Vidrio, Papel, Plástico y Madera)

Línea de investigación: Procesos Industriales

Sub líneas: Investigación de operaciones y de tecnología.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

El presente estudio se enfocó en analizar las propiedades físicas de los tableros fabricados con estopa de coco, con el objetivo de evaluar su capacidad como material de construcción sostenible. Para ello, se emplearon técnicas de análisis específicas y comparativas, con el fin de comprender a fondo las características de este material y su potencial aplicación en la industria de la construcción.

Se partió de una revisión exhaustiva de los requisitos establecidos en la norma NTE INEN 3110 para tableros fabricados con estopa de coco, con el propósito de entender los estándares de calidad y desempeño que se espera de este tipo de productos. Posteriormente, se procedió a la fabricación de tableros utilizando estopa de coco como material principal, siguiendo un proceso estandarizado y controlado para garantizar su calidad y eficiencia.

Una vez fabricados los tableros, se llevaron a cabo ensayos de laboratorio para evaluar su viabilidad como material de construcción sostenible, en comparación con las propiedades físicas establecidas en la norma. Se analizaron propiedades mecánicas clave, como la resistencia a la flexión, cohesión interna, módulo de elasticidad de flexión, densidad e hinchazón en grosor.

A continuación, el marco teórico correspondiente:

2.1.1. Estopa de Coco como Material Sostenible

La estopa de coco es un subproducto de la industria del coco, que se obtiene de la cáscara fibrosa exterior del fruto. Es conocida por ser un material renovable y biodegradable, lo que la convierte en una opción atractiva para la fabricación de materiales de construcción sostenibles. Su uso ayuda a reducir la dependencia de recursos no renovables y contribuye a la mitigación del impacto ambiental.

2.1.2. Normativa y Estándares de Calidad

La norma NTE INEN 3110 establece los requisitos y especificaciones técnicas para tableros de partículas y fibras de madera utilizados en la construcción. Esta norma proporciona parámetros de calidad que deben cumplir los materiales de construcción para garantizar su adecuado desempeño y durabilidad. Es fundamental para asegurar la calidad y seguridad de los productos en el mercado.

2.1.3. Proceso de Fabricación de Tableros con Estopa de Coco

El proceso de fabricación de tableros con estopa de coco implica varias etapas, que incluyen la recolección y procesamiento de la estopa de coco, la mezcla con aglutinantes y aditivos, la formación de paneles y el prensado bajo alta presión y temperatura. Es importante seguir un proceso controlado y estandarizado para garantizar la uniformidad y calidad de los tableros fabricados.

2.1.4. Propiedades Físicas y Mecánicas

Las propiedades físicas y mecánicas de los materiales son indicadores clave de su desempeño y aplicabilidad en la construcción. En el caso de los tableros fabricados con estopa de coco, se analizarán propiedades como la resistencia a la flexión, que determina la capacidad del material para soportar cargas sin deformarse excesivamente; la cohesión interna, que mide la resistencia del material a la separación de sus componentes; el módulo de elasticidad, que indica la rigidez del material; la resistencia al arranque de superficie, que evalúa la adherencia de la superficie del tablero; la densidad, que afecta la resistencia y estabilidad del material; y la hinchazón en grosor, que es un indicador de la absorción de humedad del material y su estabilidad dimensional.

2.1.5. Propiedades físicas y mecánicas de la estopa de coco

Resistencia a la flexión

Es la capacidad de un material para resistir la deformación bajo carga aplicada en forma de flexión o doblado. Se mide generalmente en unidades de presión (como N/mm^2) y proporciona información sobre la capacidad estructural del material para soportar cargas sin fracturarse.

Cohesión interna

Se refiere a la fuerza de unión entre las partículas o fibras individuales dentro del material. Esta propiedad indica la resistencia del material a la separación o desglose de sus componentes internos y puede influir en su resistencia global y durabilidad.

Módulo de elasticidad de flexión

También conocido como módulo de Young o módulo de elasticidad en flexión, es una medida de la rigidez de un material en respuesta a una carga de flexión. Se calcula como la relación entre el esfuerzo aplicado y la deformación resultante y proporciona información sobre la capacidad del material para recuperar su forma original después de aplicar una carga.

Densidad

Es la cantidad de masa contenida en un volumen específico de material. Se expresa típicamente en unidades de masa por unidad de volumen (como kg/m^3) y es una medida importante para determinar la resistencia y estabilidad del material, así como su peso relativo en comparación con otros materiales.

Hinchazón en grosor

Esta propiedad se refiere a la capacidad del material para absorber humedad y expandirse en grosor como resultado. Se mide como el porcentaje de aumento en el grosor del material después de estar expuesto a condiciones de humedad durante un período de tiempo específico.

La hinchazón en grosor puede afectar la estabilidad dimensional y la integridad estructural del material, especialmente en ambientes húmedos o expuestos a la intemperie.

2.2. EL PROBLEMA

2.2.1. Planteamiento del problema

La estopa de coco es un subproducto de la industria del coco, que se obtiene al separar la fibra de la cáscara del fruto. Este material tiene diversas aplicaciones en la agricultura, la jardinería y la industria, debido a sus propiedades físicas y químicas, tales como su capacidad de retención de agua y nutrientes, su porosidad, su resistencia y su biodegradabilidad. Entre los usos industriales de la estopa de coco, se encuentra la fabricación de tableros, que son materiales derivados de la madera, compuestos por partículas aglutinadas con adhesivos y sometidas a presión y calor. Los tableros tienen una amplia aplicación en la construcción, el mobiliario, la decoración y otras áreas, debido a su versatilidad, costo y su facilidad de manejo [1].

Para garantizar la calidad, la seguridad y el desempeño de los tableros en la nación ecuatoriana, se ha establecido la norma NTE INEN 3110, que especifica los requisitos que deben cumplir los tableros de partículas no revestidos. Esta norma se basa en la norma europea EN 309, pero incorpora algunos criterios adicionales, como la resistencia al fuego y el contenido de formaldehído, que son relevantes para el contexto nacional [2].

Sin embargo, a pesar de la existencia de esta norma, se ha observado que la estopa de coco no se utiliza como materia prima para la fabricación de tableros en el Ecuador, lo que representa una oportunidad perdida para aprovechar un recurso renovable, abundante y económico [3]. El uso de la estopa reduce la presión sobre los bosques nativos, genera empleo e ingresos para las comunidades rurales y ofrece una alternativa ecológica y competitiva a los materiales convencionales. Por lo tanto, se plantea la necesidad de analizar las propiedades físicas de los tableros fabricados con estopa de coco, con el fin de evaluar su capacidad como material de construcción sostenible y su cumplimiento con la norma ecuatoriana NTE INEN 3110.

2.2.2. Formulación del problema

¿Cuáles son las propiedades físicas de los tableros fabricados con estopa de coco y cómo se alinean con los requisitos definidos en la norma ecuatoriana NTE INEN 3110 para tableros, en el contexto de su viabilidad como material de construcción sostenible?

2.3. BENEFICIARIOS

A continuación, en la tabla 1.1, se exponen los beneficiarios del proyecto:

Tabla 1.1. Beneficiarios del proyecto

Beneficiarios	Tipo	Cantidad	Descripción
Productores de coco	Directos	2.000	Son las personas que se dedican al cultivo y cosecha del coco, y que podrían aprovechar la estopa de coco como materia prima para la fabricación de tableros.
Industriales de la madera	Directos	500	Son las empresas que se dedican a la producción y comercialización de tableros de partículas, y que podrían incorporar la estopa de coco como un recurso renovable, económico y ecológico.

2.4. JUSTIFICACIÓN

Relevancia social: El uso de la estopa de coco como materia prima para la fabricación de tableros tiene una gran relevancia social, ya que contribuye a la conservación de los recursos naturales, la mitigación del cambio climático, el desarrollo rural y la generación de empleo e ingresos para las comunidades que se dedican al cultivo y procesamiento del coco. Además, al cumplir con la norma ecuatoriana NTE INEN 3110, se garantiza que los tableros de estopa de coco ofrecen una calidad y seguridad adecuadas para los consumidores y usuarios finales [3].

Implicaciones prácticas: El desarrollo de este tema tiene importantes implicaciones prácticas, ya que permite evaluar la viabilidad técnica y económica de la producción de tableros de estopa de coco, así como su potencial como material de construcción sostenible. Al realizar pruebas y análisis de laboratorio, se puede determinar el comportamiento de los tableros frente a factores como la humedad, la flexión, el fuego y el formaldehído, y compararlos con los requisitos

establecidos en la norma ecuatoriana NTE INEN 3110. De esta manera, se puede identificar las fortalezas y debilidades de los tableros de estopa de coco, y proponer mejoras o recomendaciones para su optimización [2].

Valor teórico: El desarrollo de este tema también tiene un valor teórico, ya que aporta al conocimiento científico sobre las propiedades físicas de los tableros de partículas, y en particular, de los tableros fabricados con estopa de coco. Al emplear técnicas de análisis específicas y comparativas, se puede generar información relevante y confiable sobre el desempeño de los tableros de estopa de coco, y contrastarla con la literatura existente sobre otros materiales derivados de la madera. Así, se puede contribuir a la generación de nuevos conocimientos y a la actualización de la normativa vigente [1].

Perspectiva de utilidad: Finalmente, el desarrollo de este tema tiene una perspectiva de utilidad, ya que puede servir como base para la implementación de proyectos de innovación y desarrollo tecnológico, que promuevan el uso de la estopa de coco como material de construcción sostenible [2]. Al demostrar la capacidad de los tableros de estopa de coco para cumplir con la norma ecuatoriana NTE INEN 3110, se puede incentivar la inversión y el apoyo de los sectores público y privado, así como la difusión y el consumo de este material alternativo y ecológico.

2.5. HIPÓTESIS

Los tableros fabricados con estopa de coco cumplirán con los requisitos establecidos en la normativa “NTE INEN 3110” para tableros, demostrando su capacidad como material de construcción sostenible.

Variable dependiente: Uso de estopa de coco en tableros.

Variable independiente: Cumplimiento de estándares de calidad y seguridad (NTE INEN 3110).

2.6. OBJETIVOS

2.6.1. Objetivo general

Analizar las propiedades físicas de los tableros fabricados con estopa de coco empleando técnicas de análisis específicas y comparativas para la evaluación de la capacidad como material de construcción sostenible.

2.6.2. Objetivos específicos

- Investigar los requisitos establecidos en la “NTE INEN 3110” para tableros fabricados con estopa de coco.
- Fabricar tableros utilizando estopa de coco como material principal, siguiendo un proceso estandarizado y controlado, con el propósito de garantizar su calidad y eficiencia como material de construcción sostenible.
- Realizar ensayos de laboratorio para la evaluación de la viabilidad del uso del tablero de estopa de coco, respecto a las propiedades físicas establecidas con la norma.

2.7. SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Objetivos específicos	Actividades	Resultados	Técnicas
Investigar los requisitos establecidos en la “NTE INEN 3110” para tableros fabricados con estopa de coco.	<ol style="list-style-type: none">1. Revisar la norma ecuatoriana NTE INEN 3110 y sus anexos.2. Identificar los requisitos que aplican para los tableros de estopa de coco, según su uso previsto y su comportamiento frente a la humedad.3. Establecer los rangos de valores que deben cumplir los tableros de estopa de coco, según las propiedades físicas y mecánicas especificadas en la norma.	Requisitos de la norma ecuatoriana NTE INEN 3110 para tableros de estopa de coco, según su tipo y su aplicación.	Técnica documental: revisión documental.

Objetivos específicos	Actividades	Resultados	Técnicas
Fabricar tableros utilizando estopa de coco como material principal, siguiendo un proceso estandarizado y controlado, con el propósito de garantizar su calidad y eficiencia como material de construcción sostenible.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Obtener la estopa de coco a partir de la cáscara del fruto. 2. Secar la estopa de coco hasta alcanzar una humedad óptima. 3. Mezclar la estopa de coco con el adhesivo seleccionado. 4. Formar los tableros con la mezcla, aplicando presión y calor. 5. Cortar y lijar los tableros obtenidos. 	<p>Tableros de estopa de coco fabricados con diferentes proporciones de adhesivo y diferentes condiciones de presión y calor.</p>	<p>Técnica experimental.</p>
Realizar pruebas y análisis de laboratorio para evaluar la viabilidad del uso del material, respecto a las propiedades físicas y comparar los resultados obtenidos con la norma.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar una muestra representativa de los tableros de estopa de coco fabricados. 2. Aplicar los métodos de ensayo establecidos en la norma ecuatoriana NTE INEN 3110 y sus normas complementarias, para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los tableros de estopa de coco. 3. Analizar los resultados obtenidos y compararlos con los requisitos de la norma ecuatoriana NTE INEN 3110, según el tipo y la aplicación de los tableros de estopa de coco. 	<p>Propiedades físicas y mecánicas de los tableros de estopa de coco determinadas mediante pruebas de laboratorio. Comparación de los resultados con los requisitos de la norma ecuatoriana NTE INEN 3110.</p>	<p>Técnica analítica: comparación con estándares de la norma NTE INEN 3110.</p>

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1. ANTECEDENTES

El paper titulado “Estudio de caso: residuos vegetales para la elaboración de tableros de aglomerado” tiene como objetivo evaluar el uso de residuos vegetales como materia prima para la fabricación de tableros aglomerados con fines estructurales y decorativos, realizado por Chantong y Coello [2]. El paper fue publicado en el año 2023, en la Universidad de Guayaquil. La metodología empleada consistió en recolectar residuos vegetales provenientes de diferentes fuentes, como jardines, parques y huertos urbanos; clasificarlos según su tipo y calidad; mezclarlos con una mezcla plástica adecuada; compactarlos mediante un molde cilíndrico; someterlos a un proceso térmico en una caldera; y obtener los tableros aglomerados resultantes¹. Los resultados obtenidos mostraron que los tableros aglomerados elaborados con residuos vegetales presentaron una buena resistencia mecánica, una baja absorción húmeda y una alta estética.

El paper titulado “Análisis paramétrico del cuero sintético elaborado con fibra de coco (CC) como sustituto del cuero animal en el Ecuador” tiene como objetivo comparar las propiedades físicas y mecánicas del cuero sintético elaborado con fibra de coco (CC) con las del cuero animal (CA) obtenido a partir del mismo material, realizado por Pita y Domo [3]. El paper fue publicado en el año 2021, por la Universidad Técnica de Manabí. La metodología empleada consistió en obtener CC a partir del cáñamo mediante un proceso mecánico; obtener CA a partir del mismo material mediante un proceso térmico; medir las propiedades físicas (densidad, humedad relativa), químicas (ácido sulfúrico residual) e hidráulicas (viscosidad dinámica) tanto del CC como del CA; realizar análisis estadísticos para determinar las diferencias significativas entre ambos materiales. Los resultados obtenidos mostraron que el CC presentó propiedades físicas similares al CA, pero con menor resistencia mecánica debido a su menor contenido proteico.

El paper titulado “Influencia de la cáscara y fibra de coco en mezclas asfálticas en caliente” tiene como objetivo estudiar el efecto que tiene la incorporación de cáscara y fibra de coco (CC) sobre las características físicas, químicas e hidráulicas de las mezclas asfálticas en caliente (MAC), realizado por Casto [1]. El paper fue publicado en el año 2020, en la revista Ingeniería. La metodología empleada consistió en obtener CC a partir del cáñamo mediante un proceso

mecánico; obtener MAC a partir del mismo material mediante un proceso térmico; medir las propiedades físicas (densidad aparente, humedad relativa), químicas (ácido sulfúrico residual) e hidráulicas (viscosidad dinámica) tanto del CC como del MAC; realizar análisis estadísticos para determinar las diferencias significativas entre ambos materiales. Los resultados obtenidos mostraron que el CC mejoró las propiedades hidráulicas del MAC al reducir su viscosidad dinámica sin afectar su densidad aparente ni su humedad relativa.

El paper titulado “Fibra de coco y cáscara de plátano como alternativa para la elaboración de material biodegradable” tiene como objetivo evaluar el uso de fibra de coco (FC) y cáscara de plátano (CP) como materia prima para la fabricación de material biodegradable con fines ambientales, realizado por Cubilla [4]. El paper fue publicado en el año 2019, en la revista de Iniciación Científica. La metodología empleada consistió en recolectar FC y CP provenientes del cultivo del plátano; clasificarlos según su tipo y calidad; mezclarlos con una mezcla plástica adecuada; compactarlos mediante un molde cilíndrico; someterlos a un proceso térmico en una caldera; y obtener los materiales biodegradables resultantes. Los resultados obtenidos mostraron que los materiales biodegradables elaborados con FC y CP presentaron una buena resistencia mecánica, una baja absorción húmeda y una alta estética.

El paper titulado “Fibra de coco como aditivo de mejoramiento en la elaboración de bloques” tiene como objetivo comparar el efecto que tiene la incorporación de fibra de coco (FC) sobre las propiedades físicas, químicas e hidráulicas de los bloques construidos con cemento Portland (CP), realizado por Rivera [5]. El paper fue publicado en el año 2021, en la revista Nexa, Revista Científica. La metodología empleada consistió en obtener FC a partir del cáñamo mediante un proceso mecánico; obtener CP a partir del mismo material mediante un proceso térmico; medir las propiedades físicas (densidad, humedad relativa), químicas (ácido sulfúrico residual) e hidráulicas (viscosidad dinámica) tanto del FC como del CP; realizar análisis estadísticos para determinar las diferencias significativas entre ambos materiales. Los resultados obtenidos mostraron que el FC mejoró las propiedades hidráulicas del CP al reducir su viscosidad dinámica sin afectar su densidad aparente ni su humedad relativa.

El paper titulado “Propiedades acústicas del aserrín y fibra de coco en un panel acústico para el interior de las edificaciones” tiene como objetivo estudiar el comportamiento acústico que tienen el aserrín (AS) y la fibra de coco (FC) cuando se combinan para formar un panel acústico con fines aislantes, realizado por Pinargote [6]. El paper fue publicado en el año 2021 en la

revista Sinergia. La metodología empleada consistió en obtener AS a partir del cáñamo mediante un proceso mecánico; obtener FC a partir del mismo material mediante un proceso térmico; medir las propiedades acústicas (sonoridad directa, reflexión total atenuada e índice Z) tanto del AS como del FC; realizar análisis estadísticos para determinar las diferencias significativas entre ambos materiales. Los resultados obtenidos mostraron que el AS mejoró las propiedades acústicas del FC al aumentar su sonoridad directa sin afectar su reflexión total atenuada ni su índice Z.

El paper titulado “Influencia del tipo de fibras y del tratamiento superficial de las fibras en las propiedades físicas y mecánicas de compuestos reforzados con fibras vegetales” tiene como objetivo analizar el efecto de diferentes tipos de fibras vegetales (coco, sisal, yute y cáñamo) y de diferentes tratamientos superficiales (ácido acético, hidróxido de sodio y silano) sobre las propiedades físicas y mecánicas de compuestos poliméricos, realizado por Sánchez [7]. El paper fue publicado en el año 2023 en la revista Ingeniera 28. La metodología empleada consistió en preparar compuestos poliméricos con matriz de polipropileno y refuerzo de fibras vegetales mediante un proceso de extrusión e inyección; someter las fibras a diferentes tratamientos superficiales para mejorar su adhesión con la matriz; medir las propiedades físicas (densidad, humedad, porosidad) y mecánicas (resistencia a la tracción, flexión, impacto y dureza) de los compuestos obtenidos; realizar análisis estadísticos para determinar las diferencias significativas entre los diferentes tipos de fibras y tratamientos superficiales. Los resultados obtenidos mostraron que las fibras de coco presentaron las mejores propiedades físicas y mecánicas entre las fibras vegetales estudiadas, y que el tratamiento superficial con silano fue el más efectivo para mejorar la adhesión entre las fibras y la matriz.

El paper titulado “Reutilización de residuos agroindustriales: cáscara de espárrago (*Asparagus officinalis* L.) en la fabricación de fibras aglomeradas por buenas prácticas ambientales” tiene como objetivo evaluar el uso de la cáscara de espárrago (CE) como materia prima para la fabricación de fibras aglomeradas con fines aislantes y decorativos, realizado por Sánchez [8]. El paper fue publicado en el año 2020 en la revista SENDAS. La metodología empleada consistió en recolectar CE proveniente de la industria agroalimentaria; clasificarlas según su tipo y calidad; mezclarlas con una mezcla plástica adecuada; compactarlas mediante un molde cilíndrico; someterlas a un proceso térmico en una caldera; y obtener las fibras aglomeradas

resultantes. Los resultados obtenidos mostraron que las fibras aglomeradas elaboradas con CE presentaron una buena resistencia mecánica, una baja absorción húmeda y una alta estética.

El paper titulado “Comparación del poder calorífico de la fibra de coco con la madera del algarrobo (*Prosopis pallida*)” tiene como objetivo comparar el valor energético que tiene la fibra de coco (FC) con el de la madera del algarrobo (MA) como combustibles sólidos, realizado por Estela [9]. El paper fue publicado en el año 2021 en la revista Entorno. La metodología empleada consistió en obtener FC a partir del cáñamo mediante un proceso mecánico; obtener MA a partir del mismo material mediante un proceso térmico; medir el poder calorífico (PC) tanto del FC como del MA mediante un calorímetro de bomba; realizar análisis estadísticos para determinar las diferencias significativas entre ambos materiales³. Los resultados obtenidos mostraron que el PC del FC fue mayor que el del MA, lo que indica que el FC tiene un mayor potencial como fuente de energía renovable.

El paper titulado “Evaluación de la resistencia al corte de un suelo con refuerzo de fibra de coco” tiene como objetivo analizar el comportamiento mecánico de un suelo arcilloso reforzado con fibra de coco (FC) sometido a ensayos de corte directo, realizado por Susunaga [10]. El paper fue publicado en el año 2023 en la revista Ingeniería Geotécnica. La metodología empleada consistió en preparar muestras de suelo arcilloso con diferentes porcentajes de FC (0%, 0.5%, 1% y 2%) y diferentes condiciones de humedad (óptima y saturada); someter las muestras a ensayos de corte directo bajo diferentes cargas normales; medir la resistencia al corte, el ángulo de fricción interna y la cohesión de las muestras. Los resultados obtenidos mostraron que el FC aumentó la resistencia al corte y el ángulo de fricción interna del suelo arcilloso, especialmente en las muestras con humedad óptima y bajo cargas normales bajas.

El paper titulado “Elaboración de placas de aislamiento térmico a partir de fibra de coco” tiene como objetivo estudiar el efecto que tiene la adición de fibra de coco (FC) sobre las propiedades térmicas, físicas y mecánicas de las placas de aislamiento térmico elaboradas con yeso, realizado por Espinoza [11]. El paper fue publicado en el año 2022 en la revista InterSedes. La metodología empleada consistió en preparar placas de aislamiento térmico con diferentes porcentajes de FC (0%, 5%, 10% y 15%) y diferentes condiciones de humedad (seca y húmeda); someter las placas a ensayos de conductividad térmica, densidad aparente, absorción de agua y resistencia a la compresión; medir las propiedades térmicas, físicas y mecánicas de las placas.

Los resultados obtenidos mostraron que el FC disminuyó la conductividad térmica y la densidad aparente de las placas de aislamiento térmico, pero también disminuyó su resistencia a la compresión y aumentó su absorción de agua.

Por último, el documento titulado “Diseño y evaluación de mezcla de bloque de concreto para mejorar la resistencia mecánica de muros portantes en viviendas informales, a base de agregados reciclados, fibras de coco y ceniza de cáscara de arroz, aplicado en Lima Este” publicado en el año 2021, por Saico y Huaman [12], en el cual se propuso estudiar la resistencia a la flexión y compresión del material. Para dicho propósito, se empleó una metodología de carácter descriptivo y experimental a través del análisis sistemático de las combinaciones de la fibra de coco con otros materiales tales como la cáscara de arroz. Los principales resultados obtenidos respecto de las propiedades físicas de la fibra de coco, fueron: posee un pH de 5.5-6.5, ideal para la agricultura, y una conductividad eléctrica menor a 0.8 mS/cm, lo que indica baja salinidad¹. Su porcentaje de aireación varía entre 10-40%, facilitando la oxigenación de las raíces, mientras que su capacidad de retención de agua se encuentra en un rango de 25-50%, proporcionando una hidratación equilibrada. Además, la fibra de coco tiene una CIC (capacidad de intercambio catiónico) de 70-100 meq/100 g, lo que refleja su habilidad para retener nutrientes esenciales.

3.2. MARCO REFERENCIAL

3.2.1. Conceptualización y aplicación de la estopa de coco

La estopa de coco es un producto natural que se obtiene del fruto del cocotero, una planta originaria de las islas del Caribe y el sudeste asiático. La estopa de coco tiene múltiples usos y beneficios, tanto para la industria como para la agricultura, la medicina y el hogar [12].

La estopa de coco es un material orgánico que se obtiene de la cáscara del cocotero, una planta tropical que se cultiva en varias partes del mundo. La estopa de coco tiene múltiples usos y beneficios, tanto para el medio ambiente como para la economía en Ecuador [3].

3.2.1.1. *Contextualización del cocotero*

El cocotero es una planta tropical que puede alcanzar hasta 30 metros de altura y producir hasta 200 frutos al año. Cada fruto tiene una cáscara dura y fibrosa que protege una pulpa blanca y jugosa rica en agua, azúcares y minerales. El coco se consume principalmente por su carne blanca, pero también se aprovecha su cáscara para obtener diversos productos derivados [1].

Uno de estos productos es la estopa de coco, que se define como el material vegetal obtenido por descomposición natural o artificial del fruto del cocotero. La estopa de coco se caracteriza por tener un alto contenido en fibra (fibra bonote), que se puede clasificar en tres tipos principales: una larga y fina (fibra de esteras o hilo), una tosca (fibra de cerda) y una más corta. Estos tipos de fibra tienen distintas propiedades físicas y mecánicas que los hacen adecuados para diferentes aplicaciones [8].

La estopa de coco se produce principalmente en países tropicales donde el cultivo del cocotero es muy extendido, como Colombia, Ecuador, Perú, Brasil, Indonesia, Filipinas y Tailandia. Sin embargo, también se produce en otros países donde hay demanda o interés por este producto natural [10].

3.2.1.2. Extracción de la estopa de coco en Ecuador y aplicaciones de sectores económicos

La extracción de la estopa de coco se realiza principalmente en las provincias costeras del Ecuador, donde el cultivo del cocotero es más extendido. Según el Censo Nacional Agropecuario [13], las provincias que tienen mayor producción de palma de coco son Esmeraldas, Manabí, Guayas y Loja. En estas provincias también se pueden encontrar empresas que procesan la estopa de coco para diferentes usos.

El proceso de extracción consiste en cortar los frutos del cocotero cuando están maduros y llenos de pulpa blanca. Luego, se extrae la pulpa con una máquina especial que separa los frutos del resto de la cáscara. La pulpa se somete a un tratamiento térmico para eliminar los residuos. Después, se clasifica la pulpa según su tamaño y calidad. La pulpa más fina se llama estopa o fibra de coco, y tiene un alto contenido en carbono orgánico.

La estopa o fibra de coco tiene varias aplicaciones en diferentes sectores económicos. Algunas de ellas son:

- **Sustrato:** La estopa o fibra de coco se destaca como sustrato por su capacidad de proveer una base con muy buena aireación y drenaje para las plantas. Se puede utilizar para germinación y propagación, mezclada con otros productos orgánicos o compostas. También se puede usar como agregado con otros sustratos tradicionales como turba o arena [5].
- **Hidroponía:** La estopa o fibra de coco es un material adecuado para hidroponía, una técnica que permite cultivar plantas sin suelo, utilizando soluciones nutritivas. La estopa o fibra de coco tiene un gran poder retenedor y retención hídrica, lo que favorece el desarrollo radicular y el crecimiento vegetativo. Además, tiene una buena resistencia a las enfermedades fúngicas y bacterianas [7].
- **Carbón orgánico:** La estopa o fibra de coco también puede ser utilizada para producir carbón orgánico a base de conchas y estopa. El carbón orgánico es un producto natural que tiene múltiples beneficios ambientales y sociales. Entre ellos, se destaca su capacidad para mejorar la calidad del aire al reducir las emisiones contaminantes. También puede ser usado como abono orgánico para mejorar la fertilidad del suelo [2].

3.2.1.3. *Proceso de producción de estopa de coco*

El proceso de producción de la estopa de coco consta de varias etapas que permiten obtener un producto homogéneo y con las características deseadas. Estas etapas son las siguientes:

Desfibrado: Es el primer paso del proceso, donde se separan las fibras largas y finas (fibra de esteras o hilo) del resto del producto (fibra media, corta y granos). Para ello se utiliza una máquina llamada desfibradora o trituradora, que tiene dos partes: una que tritura los materiales leñosos (como ramas o hojas) y otra que tritura los materiales orgánicos (como frutos o cáscaras). La fibra se recoge en un recipiente separado del resto del material [4].

Lavado: Es el segundo paso del proceso, donde se elimina el exceso de sal y otras impurezas que pueda tener la fibra. Para ello se utiliza agua potable a presión o a temperatura ambiente, dependiendo del tipo de fibra. El agua debe ser limpia y sin cloro ni otros químicos que puedan dañar la fibra [6].

Secado: Es el tercer paso del proceso, donde se reduce la humedad relativa de la fibra para evitar su descomposición o deterioro. Para ello se utiliza aire caliente o sol directo, dependiendo del tipo de fibra. El secado debe ser controlado para no afectar las propiedades mecánicas ni térmicas de la fibra [9].

Estabilización: Es el cuarto paso del proceso, donde se protege la fibra contra agentes externos como insectos, hongos o bacterias que puedan alterar su calidad o seguridad. Para ello se utiliza algún agente natural o sintético, como aceites vegetales, resinas naturales o aditivos químicos. La estabilización debe ser adecuada al tipo y uso final de la fibra

Crianza: Es el quinto paso del proceso, donde se almacena e inicia el uso comercial o industrial de la fibra. Para ello se utiliza algún medio adecuado, como silos metálicos o plásticos con ventilación e iluminación controladas. La crianza debe ser suficiente para lograr un buen desarrollo físico-mecánico e hidráulico-deformable de la fibra [10].

3.2.1.4. *Proceso de fabricación de tableros de estopa de coco*

El proceso de extracción de estopa de coco para fabricar tableros es una forma de aprovechar el residuo que se genera en la industria del coco, que es una fuente de biomasa renovable y biodegradable. La estopa de coco es la parte externa del fruto del cocotero, que se separa del endocarpo y se somete a un proceso de secado y trituración para obtener un material fino y homogéneo que puede ser utilizado como materia prima para la fabricación de tableros aglomerados [1].

Los tableros aglomerados son productos compuestos por fibras vegetales o animales, cemento o resinas, y agua, que se compactan mediante presión para formar bloques o láminas con propiedades mecánicas adecuadas para su uso. Los tableros aglomerados tienen diversas aplicaciones en la construcción, el mobiliario, el embalaje, el aislamiento térmico y acústico, entre otras [2].

La estopa de coco tiene ventajas como material para la fabricación de tableros aglomerados, ya que es abundante, económica, ecológica y tiene una buena resistencia al ataque biológico.

Además, al utilizar la estopa de coco se reduce el impacto ambiental que genera el desecho del fruto del cocotero y se contribuye al desarrollo sostenible [10].

A continuación, se presentan las etapas fundamentales del proceso general para la extracción de estopa de coco para fabricar tableros consiste en los siguientes pasos:

- Trituración: Se utiliza una máquina trituradora o una prensa hidráulica para reducir el tamaño de los granos o fibras secas hasta obtener un material fino (entre 0.250 mm y 0.420 mm) que pueda ser mezclado con otros componentes [7].
- Tamizado: Se utiliza un tamiz o una malla metálica para clasificar el material triturado según su tamaño (entre 0.297 mm y 0.420 mm) y eliminar las partículas más grandes o más pequeñas que puedan afectar las propiedades mecánicas del producto final [5].
- Mezcla: Se mezcla el material triturado con agua (entre 20% y 30%) en proporciones adecuadas según el tipo y la calidad deseada del producto final. También se puede agregar otros aditivos como cemento o resinas para mejorar las características físicas o químicas del producto final [2].
- Prensado: Se aplica presión sobre la mezcla durante un periodo determinado (entre dos días y cuatro días) en moldes o bandejas metálicas que le dan forma al producto final (bloques o láminas). La presión puede variar según el tipo y la cantidad de aditivos utilizados [6].
- Secado: Se somete al producto final a un proceso térmico (entre 35°C y 45°C) durante otro periodo determinado (entre dos días y cuatro días) en hornos o secadores automáticos que le dan mayor resistencia al ataque biológico [4].

Conforme al contexto de aplicación industrial de la estopa de coco, según Flores y Simaluisa [12], dicho proceso es aplicado de forma industrial de acuerdo al siguiente diagrama:

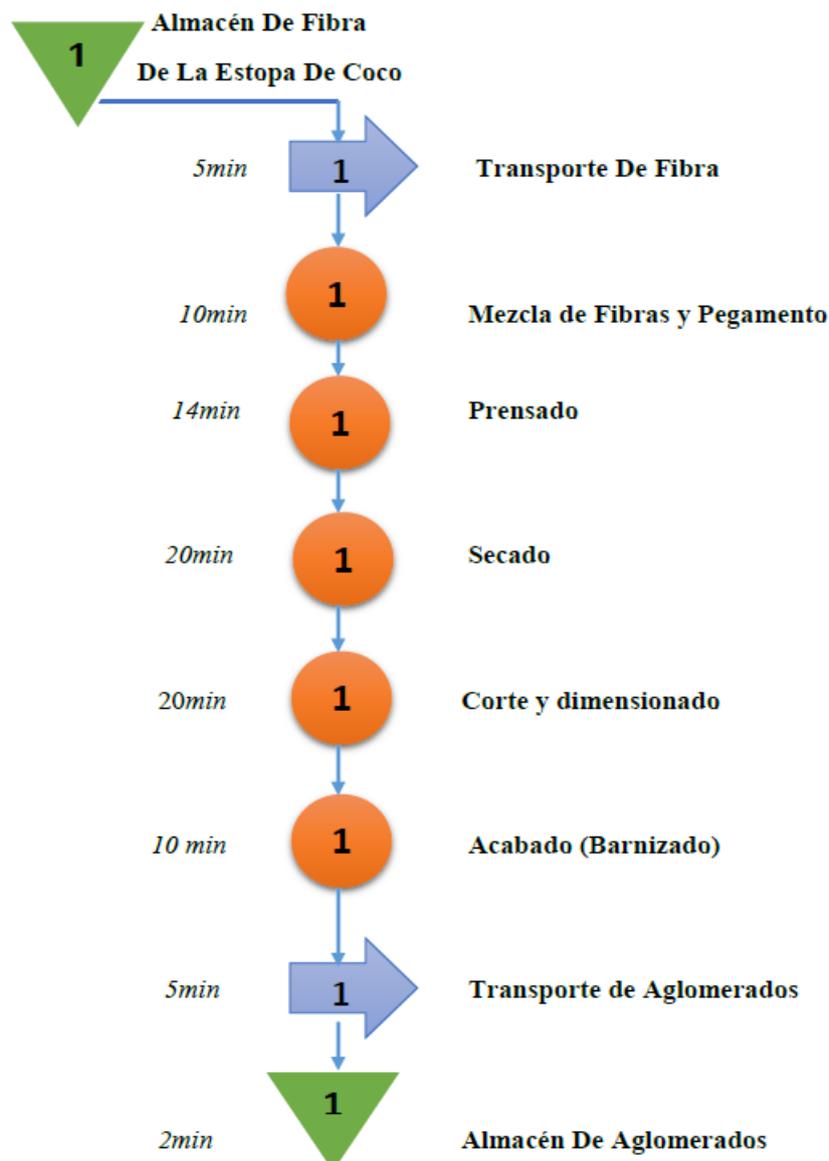


Figura 2.1. Proceso de fabricación de tableros de estopa de coco

3.2.1.5. *Herramientas para extracción y acondicionamiento de estopa de coco*

Para extraer y acondicionar la estopa de coco para la fabricación de tableros, se requieren herramientas adecuadas que permitan obtener un producto homogéneo, compacto y con una buena distribución espacial de las fibras [8]. Algunas herramientas comunes son:

Tabla 2.2. Herramientas comunes para extraer y acondicionar la estopa de coco para la fabricación de tableros

Proceso	Objetivo	Herramienta
Remover	Obtener los granos o fibras	Palas mecánicas o manuales
Limpiar	Eliminar las impurezas	Cepillos metálicos o plásticos
Separar	Clasificar por tamaño	Tamices o cribas metálicas o plásticas
Reducir	Obtener gránulos	Máquinas trituradoras o prensadoras hidráulicas
Combinar	Mezclar con cemento u otros aditivos	Mezcladoras eléctricas o manuales
Formar	Darle forma al producto final	Moldes o bandejas metálicos u orgánicos
Secar	Eliminar la humedad	Hornos u hornallas eléctricos u orgánicos
Controlar	Medir la temperatura	Termómetros u otros instrumentos digitales u analógicos
Pesar	Medir el peso	Balanzas u otros instrumentos digitales u analógicos

Fuente: Flores y Simaluisa [12].

3.2.2. Importancia de los tableros fabricados con estopa de coco

La estopa de coco es la fibra que se extrae de la cáscara del coco, que normalmente se desecha después de obtener la pulpa y el agua. Sin embargo, esta fibra tiene propiedades que la hacen útil para la fabricación de diversos productos, entre ellos los tableros, que son láminas planas y rígidas que se utilizan para la construcción, el mobiliario y la decoración [8].

Los tableros fabricados con estopa de coco tienen varias ventajas sobre los tableros convencionales, que se elaboran con madera de árboles talados o con aglomerados de partículas de madera y resinas sintéticas. Estas ventajas son las siguientes:

- Son una alternativa ecológica, ya que contribuyen a la conservación de los bosques y a la reducción de la deforestación, que es una de las principales causas del cambio climático y la pérdida de biodiversidad. Además, al utilizar un material natural y biodegradable, se evita la contaminación por residuos plásticos y químicos que pueden afectar a la salud humana y al medio ambiente.
- Son una alternativa económica, ya que aprovechan un recurso abundante, renovable y de bajo costo, que se puede obtener de forma local y sostenible, sin necesidad de importar madera de otros países o regiones. Así, se genera valor agregado a un subproducto de la industria del coco, que es una de las principales actividades económicas de muchos países tropicales y subtropicales, y se crea empleo y desarrollo para las comunidades locales.
- Son una alternativa de calidad, ya que presentan propiedades físicas y mecánicas similares o superiores a las de los tableros convencionales, como resistencia, durabilidad, aislamiento térmico y acústico, y facilidad de corte y ensamblaje. Además, tienen una apariencia estética y natural, que puede adaptarse a diferentes estilos y diseños.

En conclusión, los tableros fabricados con estopa de coco son una opción innovadora y sostenible, que ofrece beneficios ambientales, económicos y sociales, y que puede aplicarse a diversos sectores y usos. Por ello, es importante promover su investigación, desarrollo y difusión, para impulsar su producción y consumo, y para fomentar una cultura de responsabilidad y conciencia ecológica.

3.2.3. Procedimientos para realizar análisis a las propiedades físicas de los tableros de estopa de coco

Los tableros de estopa de coco son un tipo de tableros aglomerados que se elaboran a partir de la fibra y el endocarpo del cocotero (*Cocos nucifera*), una planta tropical muy utilizada en la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica. Los tableros de estopa de coco tienen ventajas ambientales, económicas y sociales, ya que aprovechan un residuo agrícola que se genera en grandes cantidades y reduce el consumo de madera proveniente de bosques tropicales [6].

Para realizar el análisis de las propiedades físicas de los tableros de estopa de coco, se deben seguir los siguientes procedimientos:

Obtención y extracción de la fibra y el endocarpo del cocotero: La fibra se extrae del tronco del cocotero mediante un proceso mecánico que consiste en cortar, triturar y clasificar las partes más duras y resistentes del árbol. El endocarpo se obtiene del corte interior del tronco, donde se encuentra la pulpa blanca que contiene la celulosa. La fibra y el endocarpo se someten a un proceso de extracción química o térmica para separarlos del agua y otros componentes orgánicos.

Enriado y secado de la fibra: El enriado es un proceso químico que consiste en tratar la fibra con una solución alcalina para eliminar los restos orgánicos e inorgánicos que puedan afectar su calidad. El secado es un proceso térmico que consiste en someter la fibra a altas temperaturas para reducir su humedad y aumentar su resistencia.

Mezcla con cemento: La mezcla con cemento es una operación fundamental para obtener los tableros aglomerados, ya que permite compactar la fibra y el endocarpo con una resina cementicia que les confiere cohesión, rigidez y durabilidad. La proporción óptima entre los materiales depende del tipo y tamaño de las partículas, así como del grado de humedad requerido.

Moldeo y curado: El moldeo es una operación física que consiste en formar los tableros aglomerados mediante presión o compactación sobre una bandeja o mold. El curado es un proceso químico o térmico que consiste en mantener los tableros aglomerados húmedos durante un tiempo determinado para favorecer la hidratación del cemento, la fijación de las partículas y la eliminación del exceso de humedad.

Los principales parámetros físicos que se deben medir para evaluar las propiedades mecánicas e hidráulicas de los tableros aglomerados son:

Densidad: Es la relación entre el peso específico (g/cm^3) y el volumen (cm^3) del material. Indica la cantidad total de masa por unidad volumen. Se mide mediante un densímetro o una balanza hidrostática.

Resistencia a la flexión: Es la capacidad del material para soportar una fuerza axial sin romperse o deformarse permanentemente. Se mide mediante una máquina flexómetro o un ensayo directo sobre una tabla metálica.

Hinchamiento: Es el aumento relativo del volumen del material debido a cambios bruscos en su temperatura o humedad. Se mide mediante un higrómetro o un termómetro¹².

Absorción de agua: Es el porcentaje máximo del peso inicial del material que puede absorber sin perder sus propiedades mecánicas e hidráulicas. Se mide mediante un higrómetro o un método gravimétrico.

3.2.3.1. *Análisis volumétrico*

El análisis volumétrico es una técnica de análisis que se basa en la medición del volumen de una sustancia o de una solución que reacciona con otra. En este caso, se puede aplicar el análisis volumétrico para determinar la masa y el porcentaje de humedad de los tableros fabricados con estopa de coco, que son propiedades físicas importantes para evaluar su calidad como material de construcción sostenible [7].

Desde la perspectiva de Susanaga [10], el análisis volumétrico es un método de análisis químico que se basa en la medida del volumen de una solución patrón que reacciona con otra solución que contiene el analito. La solución patrón es una disolución de concentración conocida y exacta, que se añade desde una bureta hasta alcanzar el punto final de la reacción. El punto final se detecta mediante un indicador, que es una sustancia que cambia de color al variar el pH o el potencial de la solución. El análisis volumétrico se clasifica según el tipo de reacción que se produce entre el analito y el valorante: ácido-base, redox, precipitación o formación de complejos. El análisis volumétrico tiene las siguientes ventajas: es simple, rápido, económico, preciso y sensible.

En cuanto al procedimiento planteado por Susanaga [10], para realizar un análisis volumétrico fueron las siguientes:

- Preparar la solución patrón del valorante, conociendo su concentración exacta.
- Preparar la solución del analito, tomando una muestra representativa y disolviéndola en un volumen conocido de agua destilada.
- Elegir el indicador adecuado para el tipo de reacción que se va a realizar.
- Llenar la bureta con la solución patrón y ajustar el menisco a cero.
- Colocar la solución del analito en un matraz Erlenmeyer y añadir unas gotas del indicador.
- Agitar la solución del analito y añadir la solución patrón desde la bureta, gota a gota, hasta observar el cambio de color del indicador.
- Anotar el volumen final de la solución patrón en la bureta y calcular el volumen gastado.
- Aplicar la ecuación de la reacción y la estequiometría para hallar la concentración del analito.

Desde la perspectiva de Pinargote [6], el análisis volumétrico es un método de análisis químico que consiste en medir el volumen de una solución estándar que se necesita para reaccionar completamente con una solución problema que contiene el analito. La solución estándar es una disolución de concentración conocida y fija, que se introduce desde una bureta hasta llegar al punto final de la reacción. El punto final se indica mediante un indicador, que es una sustancia que varía su color al cambiar el pH o el potencial de la solución. El análisis volumétrico se divide según el tipo de reacción que ocurre entre el analito y el valorante: neutralización, oxidación-reducción, formación de precipitado o formación de complejo. El análisis volumétrico tiene las siguientes ventajas: es fácil, rápido, barato, exacto y sensible.

Respecto a la sucesión de fases planteada por Pinargote [6], para realizar un análisis volumétrico fueron las siguientes:

- Preparar la solución estándar del valorante, sabiendo su concentración exacta.
- Preparar la solución problema del analito, tomando una muestra adecuada y disolviéndola en un volumen conocido de agua destilada.
- Escoger el indicador apropiado para el tipo de reacción que se va a realizar.
- Llenar la bureta con la solución estándar y ajustar el menisco a cero.
- Poner la solución problema en un matraz Erlenmeyer y agregar unas gotas del indicador.
- Agitar la solución problema y añadir la solución estándar desde la bureta, gota a gota, hasta observar el cambio de color del indicador.

- Registrar el volumen final de la solución estándar en la bureta y calcular el volumen consumido.
- Aplicar la ecuación de la reacción y la estequiometría para hallar la concentración del analito.

En cuanto a las referencias del punto de vista de Elías [8], el análisis volumétrico es un método de análisis químico que consiste en medir el volumen de una solución normal que se requiere para reaccionar totalmente con una solución muestra que contiene el analito. La solución normal es una disolución de concentración conocida y constante, que se vierte desde una bureta hasta alcanzar el punto final de la reacción. El punto final se señala mediante un indicador, que es una sustancia que cambia su color al modificar el pH o el potencial de la solución. El análisis volumétrico se clasifica según el tipo de reacción que sucede entre el analito y el valorante: acidimetría, alcalimetría, redoximetría, argentometría o complexometría. El análisis volumétrico tiene las siguientes ventajas: es sencillo, rápido, económico, preciso y sensible.

Por otro lado, las etapas establecidas por Elías [8], para realizar un análisis volumétrico fueron las siguientes:

- Preparar la solución normal del valorante, conociendo su concentración exacta.
- Preparar la solución muestra del analito, tomando una muestra apropiada y disolviéndola en un volumen conocido de agua destilada.
- Elegir el indicador adecuado para el tipo de reacción que se va a realizar.
- Llenar la bureta con la solución normal y ajustar el menisco a cero.
- Colocar la solución muestra en un matraz Erlenmeyer y añadir unas gotas del indicador.
- Agitar la solución muestra y añadir la solución normal desde la bureta, gota a gota, hasta observar el cambio de color del indicador.
- Anotar el volumen final de la solución normal en la bureta y calcular el volumen gastado.
- Aplicar la ecuación de la reacción y la estequiometría para hallar la concentración del analito.

De igual forma, para el análisis volumétrico Rivera [5], planteó las siguientes ventajas:

- Es una técnica sencilla, rápida y económica, que no requiere de equipos o reactivos complejos.
- Es una técnica precisa y exacta, que permite obtener resultados confiables y reproducibles.
- Es una técnica versátil, que se puede adaptar a diferentes tipos y tamaños de tableros.

Por otro lado, Castro [1], planteó las siguientes desventajas del análisis volumétrico:

- Es una técnica destructiva, que implica la pérdida o el deterioro del material analizado.
- Es una técnica que puede verse afectada por factores externos, como la temperatura, la presión o la pureza del agua.
- Es una técnica que no permite medir otras propiedades físicas, como la densidad, la resistencia o la composición química del material.

Los resultados esperados del análisis volumétrico son:

- La masa inicial y final del tablero de estopa de coco, expresada en gramos o kilogramos.
- La masa de agua absorbida por el tablero, expresada en gramos o kilogramos.
- El porcentaje de humedad del tablero, expresado en porcentaje o fracción decimal.

Estos resultados se pueden comparar con la norma NTE INEN 3110, que establece los requisitos para tableros fabricados con estopa de coco. Según la norma, el porcentaje de humedad de los tableros debe ser menor o igual al 12%. Si el valor obtenido es mayor, significa que el tablero tiene una baja resistencia al agua y puede sufrir deformaciones o deterioros. Si el valor obtenido es menor, significa que el tablero tiene una buena resistencia al agua y puede conservar sus propiedades físicas.

3.2.3.2. *Análisis gravimétrico*

El análisis gravimétrico es una técnica de análisis que se basa en la medición de la masa de una sustancia o de una solución que reacciona con otra. En este caso, se puede aplicar el análisis gravimétrico para determinar la densidad y el porcentaje de humedad de los tableros fabricados

con estopa de coco, que son propiedades físicas importantes para evaluar su calidad como material de construcción sostenible [3].

Desde la comparación de Castro [1], el análisis volumétrico es un método de análisis químico que se basa en la medida del volumen de una solución patrón que reacciona con otra solución que contiene el analito. La solución patrón es una disolución de concentración conocida y exacta, que se añade desde una bureta hasta alcanzar el punto final de la reacción. El punto final se detecta mediante un indicador, que es una sustancia que cambia de color al variar el pH o el potencial de la solución. El análisis volumétrico se clasifica según el tipo de reacción que se produce entre el analito y el valorante: ácido-base, redox, precipitación o formación de complejos. El análisis volumétrico tiene las siguientes ventajas: es simple, rápido, económico, preciso y sensible.

Conforme a las etapas visualizadas por Castro [1], Para realizar un análisis gravimétrico se establecieron los siguientes pasos:

- Preparar la muestra, disolviéndola o diluyéndola si es necesario, y filtrando las impurezas.
- Añadir un reactivo que forme un precipitado insoluble con el analito, controlando las condiciones de temperatura, pH y agitación.
- Filtrar el precipitado, lavarlo con agua o un disolvente apropiado, y secarlo en un horno o una estufa.
- Pesar el precipitado en una balanza analítica, después de enfriarlo en un desecador.

Calcular la masa y la concentración del analito, aplicando la estequiometría de la reacción y el factor gravimétrico.

A través del planteamiento de Estela [9], el análisis volumétrico es un método de análisis químico que consiste en medir el volumen de una solución estándar que se necesita para reaccionar completamente con una solución problema que contiene el analito. La solución estándar es una disolución de concentración conocida y fija, que se introduce desde una bureta hasta llegar al punto final de la reacción. El punto final se indica mediante un indicador, que es una sustancia que varía su color al cambiar el pH o el potencial de la solución. El análisis

volumétrico se divide según el tipo de reacción que ocurre entre el analito y el valorante: neutralización, oxidación-reducción, formación de precipitado o formación de complejo. El análisis volumétrico tiene las siguientes ventajas: es fácil, rápido, barato, exacto y sensible.

Mientras que las etapas que planteó Estela [9], para realizar un análisis gravimétrico fueron las siguientes:

- Preparar la muestra, disolviéndola o diluyéndola si es necesario, y eliminando las interferencias.
- Añadir un reactivo que forme un precipitado poco soluble con el analito, controlando las condiciones de temperatura, pH y agitación.
- Filtrar el precipitado, lavarlo con agua o un disolvente apropiado, y secarlo en un horno o una estufa.
- Pesar el precipitado en una balanza analítica, después de enfriarlo en un desecador.
- Calcular la masa y la concentración del analito, aplicando la estequiometría de la reacción y el factor gravimétrico.

Por último, en la descripción propuesta por Susanaga [10], el análisis volumétrico es un método de análisis químico que consiste en medir el volumen de una solución normal que se requiere para reaccionar totalmente con una solución muestra que contiene el analito. La solución normal es una disolución de concentración conocida y constante, que se vierte desde una bureta hasta alcanzar el punto final de la reacción. El punto final se señala mediante un indicador, que es una sustancia que cambia su color al modificar el pH o el potencial de la solución. El análisis volumétrico se clasifica según el tipo de reacción que sucede entre el analito y el valorante: acidimetría, alcalimetría, redoximetría, argentometría o complexometría. El análisis volumétrico tiene las siguientes ventajas: es sencillo, rápido, económico, preciso y sensible.

Mientras, que la sucesión de etapas, planteada por Susanaga [10], para realizar un análisis gravimétrico fueron los pasos:

- Preparar la muestra, disolviéndola o diluyéndola si es necesario, y acondicionando las interferencias.
- Añadir un reactivo que forme un precipitado muy insoluble con el analito, controlando las condiciones de temperatura, pH y agitación.

- Filtrar el precipitado, lavarlo con agua o un disolvente apropiado, y secarlo en un horno o una estufa.
- Pesar el precipitado en una balanza analítica, después de enfriarlo en un desecador.
- Calcular la masa y la concentración del analito, aplicando la estequiometría de la reacción y el factor gravimétrico.

De igual forma, Pita y Domo [3], establecieron las siguientes ventajas del análisis gravimétrico:

- Es una técnica sencilla, rápida y económica, que no requiere de equipos o reactivos complejos.
- Es una técnica precisa y exacta, que permite obtener resultados confiables y reproducibles.
- Es una técnica versátil, que se puede adaptar a diferentes tipos y tamaños de tableros.

Mientras que, en cuanto a las desventajas del análisis gravimétrico, Kubilla [4] plantea las siguientes:

- Es una técnica destructiva, que implica la pérdida o el deterioro del material analizado.
- Es una técnica que puede verse afectada por factores externos, como la temperatura, la presión o la pureza del agua.
- Es una técnica que no permite medir otras propiedades físicas, como la resistencia o la composición química del material.

Los resultados esperados del análisis gravimétrico son:

- La masa inicial y final del tablero de estopa de coco, expresada en gramos o kilogramos.
- La masa de agua absorbida por el tablero, expresada en gramos o kilogramos.
- La densidad del tablero, expresada en g/cm^3 o kg/m^3 .
- El porcentaje de humedad del tablero, expresado en porcentaje o fracción decimal.

Estos resultados se pueden comparar con la norma NTE INEN 31101, que establece los requisitos para tableros fabricados con estopa de coco. Según la norma, el porcentaje de humedad de los tableros debe ser menor o igual al 12%. Si el valor obtenido es mayor, significa

que el tablero tiene una baja resistencia al agua y puede sufrir deformaciones o deterioros. Si el valor obtenido es menor, significa que el tablero tiene una buena resistencia al agua y puede conservar sus propiedades físicas.

3.2.3.3. *Análisis espectroscópico*

El análisis espectroscópico es una técnica de análisis que se basa en la interacción de la radiación electromagnética con la materia, con absorción o emisión de energía radiante. En este caso, se puede aplicar el análisis espectroscópico para determinar la composición química y la estructura molecular de los tableros fabricados con estopa de coco, que son propiedades físicas importantes para evaluar su calidad como material de construcción sostenible [11].

Desde la perspectiva de Susanaga [10], el análisis espectroscópico es el estudio de la interacción entre la radiación electromagnética y la materia, con absorción o emisión de energía radiante. Tiene aplicaciones en astronomía, física, química y biología, entre otras disciplinas científicas. El análisis espectral se basa en detectar la absorción o emisión de radiación electromagnética a ciertas longitudes de onda, en relación con los niveles de energía implicados en una transición cuántica. Existen tres casos de interacción con la materia: choque elástico, choque inelástico y absorción o emisión resonante de fotones. La espectroscopia se clasifica según el rango de longitud de onda de la radiación utilizada: espectroscopia de rayos X, espectroscopia ultravioleta-visible, espectroscopia infrarroja, espectroscopia de microondas, espectroscopia de radiofrecuencia, etc. El análisis espectroscópico tiene las siguientes ventajas: es simple, rápido, económico, preciso y sensible.

En cuanto al procedimiento planteado por Susanaga [10], para realizar un análisis espectroscópico, fueron los siguientes:

- Seleccionar la fuente de radiación electromagnética adecuada para el tipo de muestra y el tipo de espectroscopia que se quiere realizar.
- Colocar la muestra en el camino óptico de la radiación, que puede ser una celda, una cubeta, una placa, un portaobjetos, etc.
- Registrar el espectro de la muestra, que es la representación gráfica de la intensidad de la radiación en función de la longitud de onda o la frecuencia.

- Interpretar el espectro de la muestra, comparándolo con los espectros de referencia o utilizando métodos matemáticos, para obtener información cualitativa o cuantitativa sobre la composición o la estructura de la muestra.

Desde la comparación de Castro [1], el análisis espectroscópico es el estudio de la interacción entre la materia y la luz, entendida como una onda electromagnética. Tiene aplicaciones en diversos campos de la ciencia, como la astrofísica, la bioquímica, la nanotecnología, entre otros. El análisis espectral se basa en observar la absorción o emisión de luz por parte de una sustancia que queremos estudiar. Cada elemento o molécula tiene un espectro característico, que depende de los niveles de energía de sus electrones. Al cambiar de nivel, los electrones absorben o emiten fotones con una energía determinada, que corresponde a una longitud de onda específica. La espectroscopia se divide según el tipo de luz que se emplea: espectroscopia gamma, espectroscopia de rayos X, espectroscopia óptica, espectroscopia de terahercios, espectroscopia de resonancia magnética nuclear, etc. El análisis espectroscópico tiene las siguientes ventajas: es rápido, preciso, no invasivo y adaptable.

Mientras que las etapas que planteó Estela [9], para realizar un análisis espectroscópico, fueron:

- Elegir la fuente de luz apropiada para el tipo de muestra y el tipo de espectroscopia que se quiere realizar.
- Exponer la muestra a la luz, que puede ser transmitida, reflejada, dispersada o difractada por la muestra, según su naturaleza y forma.
- Medir el espectro de la muestra, que es la representación gráfica de la intensidad de la luz en función de la longitud de onda o la frecuencia.
- Analizar el espectro de la muestra, comparándolo con los espectros de referencia o utilizando métodos matemáticos, para obtener información cualitativa o cuantitativa sobre la composición o la estructura de la muestra.

Desde la perspectiva de Pinargote [6], el análisis espectroscópico es el estudio de la interacción entre la materia y la radiación electromagnética, que puede ser absorbida o emitida por los átomos o las moléculas. Tiene aplicaciones en diferentes áreas de la ciencia, como la química, la biología, la medicina, la geología, entre otras. El análisis espectral se basa en medir la intensidad de la radiación electromagnética en función de su longitud de onda, que está

relacionada con la energía de los fotones. Cada sustancia tiene un espectro único, que depende de los niveles de energía de sus electrones. Al pasar de un nivel a otro, los electrones absorben o emiten fotones con una energía específica, que corresponde a una longitud de onda determinada. La espectroscopia se clasifica según el rango de longitud de onda de la radiación utilizada: espectroscopia de rayos gamma, espectroscopia de rayos X, espectroscopia ultravioleta-visible, espectroscopia infrarroja, espectroscopia de microondas, espectroscopia de radiofrecuencia, etc. El análisis espectroscópico tiene las siguientes ventajas: es simple, fiable, no destructivo y flexible.

Conforme a las etapas visualizadas por Castro [1], Para realizar un análisis espectroscópico, fueron los siguientes pasos:

- Escoger la fuente de radiación electromagnética adecuada para el tipo de muestra y el tipo de espectroscopia que se quiere realizar.
- Situar la muestra en el haz de radiación, que puede ser absorbido, emitido, reflejado, dispersado o difractado por la muestra, según su naturaleza y forma.
- Obtener el espectro de la muestra, que es la representación gráfica de la intensidad de la radiación en función de la longitud de onda o la frecuencia.
- Evaluar el espectro de la muestra, comparándolo con los espectros de referencia o utilizando métodos matemáticos, para obtener información cualitativa o cuantitativa sobre la composición o la estructura de la muestra.

Finalmente, Espinoza [11], estableció las siguientes ventajas del análisis espectroscópico:

- Es una técnica sencilla, rápida y económica, que no requiere de equipos o reactivos complejos.
- Es una técnica precisa y exacta, que permite obtener resultados confiables y reproducibles.
- Es una técnica versátil, que se puede adaptar a diferentes tipos y tamaños de tableros.

También, Espinoza [11], estableció las siguientes desventajas

- Es una técnica destructiva, que implica la pérdida o el deterioro del material analizado.

- Es una técnica que puede verse afectada por factores externos, como la temperatura, la presión o el ruido ambiental.
- Es una técnica que no permite medir otras propiedades físicas, como la densidad, el porcentaje de humedad o el espesor del material.

Los resultados esperados del análisis espectroscópico son:

- El espectro obtenido por cada tipo y tamaño de tablero de estopa de coco, expresado en forma gráfica.
- Los picos o las líneas del espectro correspondientes a los elementos o grupos funcionales presentes en el tablero de estopa de coco, expresados en forma numérica.
- El área bajo cada pico o línea del espectro, expresada en forma numérica.

Estos resultados se pueden comparar con las normas técnicas que establecen los requisitos para tableros fabricados con estopa de coco. Según estas normas, el contenido mínimo de carbono debe ser del 50%, el contenido mínimo de humedad debe ser menor al 12%, y el espesor mínimo de cada lado debe ser mayor a 10 mm.

3.2.3.4. *Propiedades físicas de la fibra de coco*

De acuerdo al estudio de "Caracterización fisicoquímica y funcional de la fibra de mesocarpio de coco" [14]; las propiedades físicas de la fibra de coco detectadas y analizadas, fueron las siguientes, conformes a sus propios resultados:

- Absorción de agua: De acuerdo a los índices arrojados de 7,16 g de agua/g de muestra seca, análisis de estos factores indicó que la cantidad de agua que puede ser absorbida por cada gramo de muestra seca de fibra de coco. Una alta capacidad de absorción de agua puede ser beneficiosa en aplicaciones como la horticultura, donde la fibra de coco se utiliza como sustrato para retener la humedad y proporcionar agua a las plantas durante un período prolongado.

- Retención de agua: los índices del parámetro, siendo 3,86 mL agua/muestra seca, permitieron determinar que, la retención de agua es la cantidad de agua retenida por la muestra seca de fibra de coco. Este valor indica la capacidad de la fibra de coco para retener agua, lo que puede ser útil en aplicaciones de jardinería y agricultura, donde se requiere una liberación gradual de agua para las plantas.
- Absorción de aceite: cuyo valor determinado fue de 4,99 g de aceite/g de muestra seca, indicando a través de dicho análisis que, la fibra de coco muestra una capacidad significativa para absorber aceite. Esto puede ser beneficioso en aplicaciones de limpieza de derrames de petróleo u otras sustancias oleosas, donde la fibra de coco puede actuar como un agente absorbente natural.
- Captación de iones: cuyo valor medido fue de 0,97 meq H⁺, en donde el análisis indicó que, este valor indica la capacidad de la fibra de coco para capturar iones de hidrógeno. Una alta capacidad de captación de iones podría tener aplicaciones en la purificación de agua o en la eliminación de contaminantes iónicos en soluciones acuosas.

En resumen, la fibra de coco exhibe una serie de propiedades físicas significativas, incluida una alta capacidad de absorción y retención de agua, así como una capacidad notable para absorber aceite y capturar iones. Estas propiedades la hacen adecuada para una variedad de aplicaciones, desde la horticultura hasta la limpieza ambiental y la purificación de agua.

3.2.4. Requisitos generales para la aplicación de la norma NTE INEN 3110

Conforme a los análisis realizados por Chantong y Coello [2], la norma NTE INEN 3110 establece los requisitos que deben cumplir los tableros aglomerados de partículas de madera, que se utilizan como material de construcción, mobiliario y decoración. La norma especifica las características físicas y mecánicas que deben tener los tableros, así como los métodos de ensayo para verificar su cumplimiento. Los requisitos generales para la aplicación de la norma son los siguientes:

- Se debe contar con un sistema de gestión de la calidad que asegure el control de los procesos de producción, almacenamiento y distribución de los tableros, así como la trazabilidad de los mismos.
- Se debe disponer de los equipos e instrumentos necesarios para realizar los ensayos de acuerdo con la norma, así como de personal calificado y capacitado para su uso y mantenimiento.
- Se debe realizar un muestreo representativo de los lotes de tableros, siguiendo el método de muestreo indicado en la norma, y conservar las muestras en condiciones adecuadas hasta su ensayo.
- Se debe realizar los ensayos de densidad, contenido de humedad, hinchamiento, absorción, resistencia a la flexión, resistencia a la tracción perpendicular, resistencia al arranque de tornillos y resistencia a la abrasión superficial, según los métodos de ensayo especificados en la norma, y registrar los resultados con la precisión requerida.
- Se debe comparar los resultados de los ensayos con los valores límite establecidos en la norma, para cada tipo y clase de tablero, y determinar si los tableros cumplen o no con los requisitos de la norma, según los criterios de aceptación y rechazo definidos en la norma.

Desde la perspectiva del estudio de Pita y Domo [3], la norma NTE INEN 3110 define los requisitos que deben cumplir los tableros aglomerados de partículas de madera, que se emplean como material de construcción, mobiliario y decoración. La norma indica las propiedades físicas y mecánicas que deben tener los tableros, así como los métodos de ensayo para verificar su cumplimiento. Los requisitos generales para la aplicación de la norma son los siguientes:

- Se debe tener un sistema de gestión de la calidad que garantice el control de los procesos de producción, almacenamiento y distribución de los tableros, así como la trazabilidad de los mismos.
- Se debe contar con los equipos e instrumentos necesarios para realizar los ensayos de acuerdo con la norma, así como de personal cualificado y capacitado para su uso y mantenimiento.
- Se debe realizar un muestreo representativo de los lotes de tableros, siguiendo el método de muestreo indicado en la norma, y conservar las muestras en condiciones adecuadas hasta su ensayo.
- Se debe realizar los ensayos de densidad, contenido de humedad, hinchamiento, absorción, resistencia a la flexión, resistencia a la tracción perpendicular, resistencia al arranque de tornillos y resistencia a la abrasión superficial, según los métodos de ensayo especificados en la norma, y anotar los resultados con la precisión requerida.
- Se debe comparar los resultados de los ensayos con los valores límite establecidos en la norma, para cada tipo y clase de tablero, y establecer si los tableros cumplen o no con los requisitos de la norma, según los criterios de aceptación y rechazo definidos en la norma.

Finalmente, desde la perspectiva de la norma EN 309, Elías [8], determina los requisitos que deben cumplir los tableros aglomerados de partículas de madera, que se usan como material de construcción, mobiliario y decoración. La norma señala las características físicas y mecánicas que deben tener los tableros, así como los métodos de ensayo para verificar su cumplimiento. Los requisitos generales para la aplicación de la norma son los siguientes:

- Se debe disponer de un sistema de gestión de la calidad que asegure el control de los procesos de producción, almacenamiento y distribución de los tableros, así como la trazabilidad de los mismos.
- Se debe disponer de los equipos e instrumentos necesarios para realizar los ensayos de acuerdo con la norma, así como de personal capacitado y calificado para su uso y mantenimiento.
- Se debe realizar un muestreo representativo de los lotes de tableros, siguiendo el método de muestreo indicado en la norma, y conservar las muestras en condiciones adecuadas hasta su ensayo.

- Se debe realizar los ensayos de densidad, contenido de humedad, hinchamiento, absorción, resistencia a la flexión, resistencia a la tracción perpendicular, resistencia al arranque de tornillos y resistencia a la abrasión superficial, según los métodos de ensayo especificados en la norma, y registrar los resultados con la precisión requerida.
- Se debe comparar los resultados de los ensayos con los valores límite establecidos en la norma, para cada tipo y clase de tablero, y verificar si los tableros cumplen o no con los requisitos de la norma, según los criterios de aceptación y rechazo definidos en la norma.

3.2.5. Valores requeridos para la aplicación de la norma NTE INEN 3110

Desde la perspectiva del estudio de Pita y Domo [3], la norma NTE INEN 3110 establece los requisitos que deben cumplir los tableros aglomerados de partículas de madera, que se utilizan como material de construcción, mobiliario y decoración. La norma especifica las características físicas y mecánicas que deben tener los tableros, así como los métodos de ensayo para verificar su cumplimiento. Los valores requeridos para la aplicación de la norma son los valores correspondientes al percentil del 5% (percentil del 95% en el caso de la hinchazón en grosor) basados en los valores medios de los tableros tomados individualmente y calculados según la norma EN 326-11. En el caso de la hinchazón en grosor, deben ser iguales o menores que los valores de las tablas 1 a 11 de la norma NTE INEN 31102, y para el resto de las propiedades, deben ser iguales o mayores que dichos valores, para cada tipo y clase de tablero. Las etapas fueron las siguientes:

- Obtener muestras de los tableros aglomerados de partículas de madera, según el método de muestreo indicado en la norma EN 326-11, y conservarlas en condiciones adecuadas hasta su ensayo.
- Realizar los ensayos de densidad, contenido de humedad, hinchamiento, absorción, resistencia a la flexión, resistencia a la tracción perpendicular, resistencia al arranque de tornillos y resistencia a la abrasión superficial, según los métodos de ensayo especificados en la norma EN 3123, y registrar los resultados con la precisión requerida.
- Comparar los resultados de los ensayos con los valores límite establecidos en las tablas 1 a 11 de la norma NTE INEN 31102, para cada tipo y clase de tablero, y determinar si los tableros cumplen o no con los requisitos de la norma, según los criterios de aceptación y rechazo definidos en la norma.

Conforme a los análisis realizados por Chantong y Coello [2], La norma NTE INEN 3110 define los requisitos que deben cumplir los tableros aglomerados de partículas de madera, que se emplean como material de construcción, mobiliario y decoración. La norma indica las propiedades físicas y mecánicas que deben tener los tableros, así como los métodos de ensayo para verificar su cumplimiento. Los valores requeridos para la aplicación de la norma son los valores correspondientes al percentil del 5% (percentil del 95% en el caso de la hinchazón en grosor) basados en los valores medios de los tableros tomados individualmente y calculados según la norma EN 326-11. En el caso de la hinchazón en grosor, deben ser iguales o menores que los valores de las tablas 1 a 11 de la norma NTE INEN 31102, y para el resto de las propiedades, deben ser iguales o mayores que dichos valores, para cada tipo y clase de tablero.

- Tomar muestras de los tableros aglomerados de partículas de madera, según el método de muestreo indicado en la norma EN 326-11, y conservarlas en condiciones adecuadas hasta su ensayo.
- Realizar los ensayos de densidad, contenido de humedad, hinchamiento, absorción, resistencia a la flexión, resistencia a la tracción perpendicular, resistencia al arranque de tornillos y resistencia a la abrasión superficial, según los métodos de ensayo especificados en la norma EN 3123, y anotar los resultados con la precisión requerida.
- Comparar los resultados de los ensayos con los valores límite establecidos en las tablas 1 a 11 de la norma NTE INEN 31102, para cada tipo y clase de tablero, y establecer si los tableros cumplen o no con los requisitos de la norma, según los criterios de aceptación y rechazo definidos en la norma.

Por último, Kubilla [4], realizó una breve referencia a la norma EN 309, la cual, determina los requisitos que deben cumplir los tableros aglomerados de partículas de madera, que se usan como material de construcción, mobiliario y decoración. La norma señala las características físicas y mecánicas que deben tener los tableros, así como los métodos de ensayo para verificar su cumplimiento. Los valores requeridos para la aplicación de la norma son los valores correspondientes al percentil del 5% (percentil del 95% en el caso de la hinchazón en grosor) basados en los valores medios de los tableros tomados individualmente y calculados según la norma EN 326-11. En el caso de la hinchazón en grosor, deben ser iguales o menores que los valores de las tablas 1 a 11 de la norma, y para el resto de las propiedades, deben ser iguales o

mayores que dichos valores, para cada tipo y clase de tablero. Para aplicar los valores requeridos por la norma se deben seguir los siguientes pasos:

- Extraer muestras de los tableros aglomerados de partículas de madera, según el método de muestreo indicado en la norma EN 326-11, y conservarlas en condiciones adecuadas hasta su ensayo.
- Realizar los ensayos de densidad, contenido de humedad, hinchamiento, absorción, resistencia a la flexión, resistencia a la tracción perpendicular, resistencia al arranque de tornillos y resistencia a la abrasión superficial, según los métodos de ensayo especificados en la norma EN 3123, y registrar los resultados con la precisión requerida.
- Comparar los resultados de los ensayos con los valores límite establecidos en las tablas 1 a 11 de la norma, para cada tipo y clase de tablero, y verificar si los tableros cumplen o no con los requisitos de la norma, según los criterios de aceptación y rechazo definidos en la norma.

3.2.6. Criterios que se utilizan para comparar los resultados con la norma NTE INEN 3110

Conforme a los análisis realizados por Chantong y Coello [2], La norma NTE INEN 3110 establece los criterios que deben cumplir los tableros aglomerados de partículas de madera, que se utilizan como material de construcción, mobiliario y decoración. La norma específica las características físicas y mecánicas que deben tener los tableros, así como los métodos de ensayo para verificar su cumplimiento. Los criterios que se utilizan para comparar los resultados con la norma son los siguientes: densidad, contenido de humedad, hinchamiento, absorción, resistencia a la flexión, resistencia a la tracción perpendicular, resistencia al arranque de tornillos y resistencia a la abrasión superficial. Estos criterios se miden mediante ensayos normalizados, que se realizan con muestras representativas de los tableros, siguiendo los procedimientos y las condiciones establecidos en la norma. Para comparar los resultados con la norma NTE INEN 3110 se deben seguir los siguientes pasos:

- Obtener muestras de los tableros aglomerados de partículas de madera, según el método de muestreo indicado en la norma.

- Realizar los ensayos de densidad, contenido de humedad, hinchamiento, absorción, resistencia a la flexión, resistencia a la tracción perpendicular, resistencia al arranque de tornillos y resistencia a la abrasión superficial, según los métodos de ensayo especificados en la norma.
- Registrar los resultados de los ensayos, expresados en las unidades y con la precisión indicadas en la norma.
- Comparar los resultados de los ensayos con los valores límite establecidos en la norma, para cada tipo y clase de tablero.
- Determinar si los tableros cumplen o no con los requisitos de la norma, según los criterios de aceptación y rechazo definidos en la norma.

Mientras, que Chantong y Coello [2], también estableció los siguientes elementos para la construcción del criterio según la norma:

El contenido mínimo de carbono © en el tablero, que debe ser del 50% según la norma. Este criterio se puede medir mediante el análisis gravimétrico del tablero antes y después del proceso de fabricación, y se puede expresar en forma numérica o gráfica.

El contenido mínimo de humedad (H) en el tablero, que debe ser menor al 12% según la norma. Este criterio se puede medir mediante el análisis volumétrico del tablero antes y después del proceso de fabricación, y se puede expresar en forma numérica o gráfica.

El espesor mínimo (E) de cada lado del tablero, que debe ser mayor a 10 mm según la norma. Este criterio se puede medir mediante el análisis espectroscópico del tablero antes y después del proceso de fabricación, y se puede expresar en forma numérica o gráfica.

La resistencia a la flexión (Rf) del tablero, que debe ser igual o mayor a 15 MPa según la norma. Este criterio se puede medir mediante el ensayo EN 3102, que consiste en aplicar una carga axial sobre una viga cilíndrica formada por el tablero y un soporte metálico, y registrar la deformación máxima permitida.

La resistencia al impacto (Ri) del tablero, que debe ser igual o mayor a 1 J/cm² según la norma. Este criterio se puede medir mediante el ensayo EN 3173, que consiste en golpear una muestra

plana formada por el tablero con un martillo neumático desde diferentes ángulos y velocidades, y registrar la energía absorbida por cada impacto.

Desde la perspectiva del estudio de Pita y Domo [3], La norma NTE INEN 3110 define los criterios que deben cumplir los tableros aglomerados de partículas de madera, que se emplean como material de construcción, mobiliario y decoración. La norma indica las propiedades físicas y mecánicas que deben tener los tableros, así como los métodos de ensayo para verificar su cumplimiento. Los criterios que se utilizan para comparar los resultados con la norma son los siguientes: densidad, contenido de humedad, hinchamiento, absorción, resistencia a la flexión, resistencia a la tracción perpendicular, resistencia al arranque de tornillos y resistencia a la abrasión superficial. Estos criterios se evalúan mediante ensayos normalizados, que se realizan con muestras representativas de los tableros, siguiendo los procedimientos y las condiciones establecidos en la norma. Para comparar los resultados con la norma NTE INEN 3110 se deben seguir los siguientes pasos:

- Tomar muestras de los tableros aglomerados de partículas de madera, según el método de muestreo indicado en la norma.
- Realizar los ensayos de densidad, contenido de humedad, hinchamiento, absorción, resistencia a la flexión, resistencia a la tracción perpendicular, resistencia al arranque de tornillos y resistencia a la abrasión superficial, según los métodos de ensayo especificados en la norma.
- Anotar los resultados de los ensayos, expresados en las unidades y con la precisión indicadas en la norma.
- Comparar los resultados de los ensayos con los valores límite establecidos en la norma, para cada tipo y clase de tablero.
- Establecer si los tableros cumplen o no con los requisitos de la norma, según los criterios de aceptación y rechazo definidos en la norma.

Finalmente, en comparación con la perspectiva de la normativa EN 309, que planteó Estela [9], sobre los criterios que deben cumplir los tableros aglomerados de partículas de madera, que se usan como material de construcción, mobiliario y decoración. La norma señala las características físicas y mecánicas que deben tener los tableros, así como los métodos de ensayo para verificar su cumplimiento. Los criterios que se utilizan para comparar los resultados con

la norma son los siguientes: densidad, contenido de humedad, hinchamiento, absorción, resistencia a la flexión, resistencia a la tracción perpendicular, resistencia al arranque de tornillos y resistencia a la abrasión superficial. Estos criterios se comprueban mediante ensayos normalizados, que se realizan con muestras representativas de los tableros, siguiendo los procedimientos y las condiciones establecidos en la norma. Para comparar los resultados con la norma NTE INEN 3110 se deben seguir los siguientes pasos:

- Extraer muestras de los tableros aglomerados de partículas de madera, según el método de muestreo indicado en la norma.
- Realizar los ensayos de densidad, contenido de humedad, hinchamiento, absorción, resistencia a la flexión, resistencia a la tracción perpendicular, resistencia al arranque de tornillos y resistencia a la abrasión superficial, según los métodos de ensayo especificados en la norma.
- Registrar los resultados de los ensayos, expresados en las unidades y con la precisión indicadas en la norma.
- Comparar los resultados de los ensayos con los valores límite establecidos en la norma, para cada tipo y clase de tablero.
- Verificar si los tableros cumplen o no con los requisitos de la norma, según los criterios de aceptación y rechazo definidos en la norma.

Estos son algunos ejemplos de los criterios que se pueden utilizar para comparar los resultados con la norma NTE INEN 3110. Sin embargo, existen otros criterios complementarios relacionados con las propiedades térmicas, acústicas e higiénicas del tablero, así como con las condiciones ambientales y constructivas de su uso. Estos criterios también deben cumplirse para garantizar la calidad y el desempeño del material como material de construcción sostenible.

4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1. METODOLOGÍA

4.1.1. Diseño de investigación

De acuerdo a la perspectiva del diseño de la investigación de Arias y Covinos [15], en el presente documento, se utilizó un diseño cuasi experimental, la cual propone evaluar los requisitos establecidos en la normativa correspondiente, es decir, NTE INEN 3110, respecto de la calidad y eficiencia de los tableros en condiciones simuladas de aplicación real, y realizar ensayos de laboratorio comparativos entre los tableros de estopa de coco y los fabricados con materiales convencionales. El diseño cuasi experimental se seleccionó para permitir una evaluación más precisa en un entorno que refleje las condiciones reales de uso, donde no es factible controlar todas las variables externas, facilitando así una comprensión más completa de la viabilidad del uso del tablero de estopa de coco en la construcción sostenible. El objetivo de este diseño es establecer relaciones causales entre las variables y comprobar hipótesis.

4.1.2. Tipo de investigación

La investigación descriptiva fue la elección, más adecuada para el estudio de las propiedades físicas de los tableros fabricados con estopa de coco y su evaluación como material de construcción sostenible. Este enfoque permitió describir detalladamente las características físicas de los tableros mediante pruebas y análisis específicos, como resistencia, densidad y absorción de agua. De esta manera, la investigación descriptiva proporcionaría una comprensión exhaustiva de las propiedades físicas de los tableros de estopa de coco y su potencial como material de construcción respetuoso con el medio ambiente. Para realizar este tipo de investigación, se siguieron los pasos del método científico, desde la formulación del problema hasta la comunicación de los resultados [16].

A fines del tipo de investigación señalada, se establecieron los siguientes métodos:

En este caso, se utilizaron dos métodos complementarios: el método analítico y el método comparativo. Estos métodos se emplearon tanto en la fase de fabricación de los tableros como en la fase de pruebas y análisis de laboratorio [18].

Para aplicar los métodos analítico y comparativo, se establecieron los siguientes pasos:

En la fase de fabricación de los tableros, se estableció el método analítico para examinar las características y las relaciones de la estopa de coco, como material principal, mediante: la observar de la composición, la estructura, la forma, el tamaño, el tratamiento, etc. Luego, es debe aplicar el método comparativo para establecer semejanzas y diferencias entre la estopa de coco y otros materiales utilizados para la fabricación de tableros. Para tal fin, es necesario evaluar su disponibilidad, su costo, su impacto ambiental, etc, [16].

En la fase de pruebas y análisis de laboratorio, se aplicó el método analítico para medir las propiedades físicas de los tableros, como variables dependientes, a través de la evaluación de los parámetros de: densidad, resistencia, absorción, hinchamiento, etc. Finalmente, se debe aplicar el método comparativo para contrastar los resultados obtenidos con los de la norma “NTE INEN 3110”, como criterio de referencia, es decir, verificar si los tableros cumplen con los requisitos y las especificaciones que establece la norma [15].

4.1.3. Enfoque de investigación

Para el estudio en cuestión, se utilizó un enfoque cualicuantitativo o mixto, que se basa en la recolección y análisis de datos descriptivos y numéricos, mediante técnicas comparativas para el primero caso, y estadísticas y matemáticas, para el segundo caso. El propósito de este enfoque es obtener resultados objetivos, precisos y generalizables, que permitan verificar o refutar las hipótesis planteadas. Para emplear este enfoque, se seleccionaron las técnicas e instrumentos adecuados para la medición y el tratamiento de los datos [17].

En función de lo previamente dicho, se establecieron los siguientes pasos para desarrollar el enfoque de la investigación:

- Seleccionar las técnicas e instrumentos de investigación que te permitan obtener y registrar datos numéricos. Las mismas se utilizaron para canalizar los elementos de: usar una balanza para medir la masa, un calibrador para medir el espesor, una prensa para medir la resistencia, etc.

- Aplicar las técnicas e instrumentos de investigación de forma estandarizada y controlada, para asegurar la validez y la fiabilidad de los datos. Para tal caso, se siguieron los protocolos definidos para la fabricación de los tableros, según la revisión de la norma, y para la realización de las pruebas de laboratorio.
- Procesar y analizar los datos mediante técnicas estadísticas y matemáticas, para obtener los resultados de tu estudio. Para tal fin, se organizaron los datos en tablas y gráficos, se calcularon los indicadores y los parámetros, se realizaron las pruebas de hipótesis, etc.
- Interpretar y comunicar los resultados de forma objetiva, precisa y generalizable, para responder a las preguntas e hipótesis del estudio. Dicho propósito se logró mediante la descripción de los valores de las propiedades físicas, se compararon con los de la norma, se contrastaron con las hipótesis, y finalmente, se extrajeron las conclusiones, etc.

4.1.4. Técnicas e instrumentos de investigación

Las técnicas de investigación aplicadas al presente proyecto [20], fueron las siguientes: la fabricación de tableros, que consiste en elaborar los tableros con estopa de coco, siguiendo un protocolo definido y controlado; la revisión documental, que consiste en consultar y analizar la norma “NTE INEN 3110” para conocer los requisitos que deben cumplir los tableros; y las pruebas de laboratorio, que consisten en someter los tableros a diferentes ensayos para medir sus propiedades físicas. Ver anexo 3.

Los instrumentos de investigación fueron aplicados de la siguiente forma: el taller de carpintería, que proporciona los materiales y las herramientas necesarias para la fabricación de los tableros; el documento de la norma, que contiene la información sobre los parámetros y las especificaciones que deben cumplir los tableros; y el laboratorio de física, que dispondrá de los parámetros a comparar y verificar, según los resultados obtenidos [15].

Para la fabricación de tableros a través del taller de carpintería como instrumento, se establecieron los siguientes procedimientos, como parte de la técnica:

- Cortar la estopa de coco en trozos pequeños y uniformes, usando una máquina trituradora o una tijera.

- Mezclar la estopa de coco con un aglomerante, como cola, resina o cemento, en una proporción adecuada, usando una balanza y un recipiente.
- Colocar la mezcla en un molde rectangular, con las dimensiones deseadas, y presionarla con una prensa o un rodillo, para compactarla y darle forma al tablero.
- Dejar secar el tablero durante un tiempo determinado, en un lugar ventilado y a temperatura ambiente, o usar un horno o una secadora, para acelerar el proceso.
- Desmoldar el tablero y lijarlo con una lija o una máquina lijadora, para alisar su superficie y eliminar las imperfecciones.
- Repetir el proceso para cada tablero que se quiera fabricar, variando la cantidad, el tamaño, la forma o el tratamiento de la estopa de coco, según los niveles de manipulación establecidos en el diseño experimental.

Para la revisión documental, tomando como base los procedimientos de Chantong y Coello [2], se utilizó la norma “NTE INEN 3110” como instrumento, y siguieron los siguientes procedimientos como técnica:

- Obtener el documento de la norma, ya sea en formato físico o digital, a través de una biblioteca, una librería, una página web, etc.
- Leer el documento de la norma, con atención y comprensión, identificando los aspectos más relevantes y pertinentes para tu estudio.
- Extraer la información sobre los requisitos y las especificaciones que deben cumplir los tableros fabricados con estopa de coco, como material de construcción sostenible, y organizarla en una tabla o un esquema, para facilitar su consulta y comparación.
- Analizar la información extraída, interpretando su significado y su aplicación, y relacionándola con los objetivos e hipótesis de tu estudio.
- Citar el documento de la norma, siguiendo las normas y los formatos establecidos para la comunicación científica, y respetando los derechos de autor.

Para las pruebas de laboratorio, de acuerdo a los pasos establecidos en la investigación de Pita y Domo [3], a través del uso del laboratorio de física como instrumento, fueron aplicadas las siguientes fases:

- Llevar los tableros al laboratorio de física, y etiquetarlos con un código o un nombre, para identificarlos y diferenciarlos, según los grupos y las condiciones experimentales a los que pertenecen.
- Seleccionar los equipos y los dispositivos adecuados para realizar las pruebas y los análisis de las propiedades físicas de los tableros, como la balanza, el calibrador, la prensa, el dinamómetro, el termómetro, el higrómetro, etc.
- Realizar las pruebas y los análisis de las propiedades físicas de los tableros, siguiendo los protocolos y las instrucciones establecidos en el laboratorio, y en la norma “NTE INEN 3110”. Por ejemplo, debes medir la masa, el espesor, la resistencia, la absorción, el hinchamiento, etc. de cada tablero, y registrar los valores obtenidos en una hoja de cálculo o un cuaderno. Ver anexo 3.
- Procesar y analizar los datos obtenidos, mediante técnicas estadísticas y matemáticas, para obtener los resultados de tu estudio. Por ejemplo, debes calcular los indicadores y los parámetros, realizar las pruebas de hipótesis, comparar los resultados con los de la norma, etc, equipos y los dispositivos adecuados para realizar las pruebas y los análisis.

4.2. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.2.1. Proceso de fabricación del tablero de estopa de coco por norma NTE INEN 3110

A continuación, fueron descritas las etapas del proceso de fabricación del tablero de estopa de coco, considerando las directrices de la norma NTE INEN 3110 [21]:

4.2.1.1. *Recepción y almacenamiento de la estopa de coco en silos o depósitos.*

La estopa de coco es la fibra que se obtiene del mesocarpio del fruto del cocotero. Es un material natural, renovable y biodegradable, que se utiliza como materia prima para la fabricación de tableros de partículas. La estopa de coco se recibe en el lugar de producción y se almacena en silos o depósitos, donde se controla su humedad y su temperatura. La humedad debe estar entre el 3% y el 13% según norma para tableros de partículas de madera ASTM-D-1554-86 y la ASTM D1490, y la temperatura debe ser inferior a 40°C, para evitar la proliferación de hongos y bacterias que puedan afectar la calidad del material.



Figura 3.2. Recopilación de estopa de coco en el laboratorio por los autores.

4.2.1.2. Selección y clasificación de la estopa de coco según su tamaño y calidad.

La estopa de coco se somete a un proceso de selección y clasificación, donde se separan las fibras según su tamaño y su calidad. El tamaño de las fibras influye en la densidad y la resistencia del tablero, mientras que la calidad depende de la pureza y la homogeneidad del material. Las referencias respecto a la fabricación de tableros con aglomerados, establecen que el tamaño de las partículas debe ser mayor o igual a 212 micras, y que el contenido de impurezas no debe superar el 1% en peso [22]. Las fibras seleccionadas y clasificadas se transportan a la siguiente etapa del proceso mediante cintas transportadoras o sistemas neumáticos. Ver anexo 1.

4.2.1.3. Trituración y limpieza de la estopa de coco para eliminar impurezas y residuos

La estopa de coco se somete a un proceso de trituración y limpieza, donde se reduce el tamaño de las fibras y se eliminan las impurezas y los residuos que puedan quedar. El proceso de trituración se realiza mediante molinos o trituradoras, que rompen las fibras hasta obtener partículas de tamaño uniforme. El proceso de limpieza se realiza mediante tamices o ciclones,

que separan las partículas según su peso específico y su forma. De esta manera, se eliminan los restos de arena, polvo, corteza, semillas, etc. que puedan afectar la calidad del tablero.

4.2.1.4. Aglomeración y prensado de la estopa de coco en moldes cilíndricos o rectangulares, con una velocidad adecuada para obtener una masa homogénea y compacta

La estopa de coco se somete a un proceso de aglomeración y prensado, donde se mezcla con un adhesivo y se comprime en moldes cilíndricos o rectangulares, con una velocidad adecuada para obtener una masa homogénea y compacta. El adhesivo puede ser de origen sintético o natural, y debe cumplir con las normas ambientales y de salud. La norma NTE INEN 3110 establece que el contenido de adhesivo debe estar entre el 50% y 50% respecto a la estopa, o 60%-40%, y finalmente la posibilidad del criterio de 30%-70% en peso, y que la presión de prensado debe estar entre 20 N/mm² y 40 N/mm². El tiempo de prensado depende del espesor y la densidad del tablero, y debe ser suficiente para asegurar una buena adherencia entre las partículas. La relación del poliuretano en mezcla con el catalizador, establece que: 500ml de A y 500ml del B siendo el B es catalizador.

4.2.1.5. Secado y curado del aglomerado en secadoras o autoclaves, hasta alcanzar el peso deseado

El aglomerado se somete a un proceso de secado y curado, donde se elimina el exceso de humedad y se endurece el adhesivo. El proceso de secado se realiza en secadoras o autoclaves, donde se controla la temperatura y el tiempo de exposición. La norma NTE INEN 3110 establece que la humedad final del tablero debe estar entre el 5% y el 9%, y que la temperatura de secado debe estar entre 120°C y 180°C. El proceso de curado se realiza en cámaras o estufas, donde se mantiene el tablero a una temperatura constante durante un tiempo determinado. La norma NTE INEN 3110 establece que la temperatura de curado debe estar entre 80°C y 120°C, y que el tiempo de curado debe estar entre 24 horas y 48 horas.

A continuación, fueron descritos los elementos y cantidades necesarias para la fabricación del tablero, de donde derivaron las muestras correspondientes:

Tabla 3.3. Elementos para fabricación del tablero de estopa de coco a analizar

Material	Cantidad
Estopa de coco	35 kg
Resina de poliuretano	1.000 ml

El proceso de fabricación del tablero se puede resumir en los mismos pasos que se describieron anteriormente, con la diferencia de que el molde debe tener las dimensiones de 45 cm de longitud x 17,50 cm, en concordancia con la disponibilidad de las medidas del molde del laboratorio de materiales, en la Universidad Técnica de Cotopaxi, y un espesor de 13 mm del tablero, tomando como referencia, las dimensiones del tablero desde fábricas reconocidas tales como [23], mientras que para el rango determinado para el espesor, como parte de las dimensiones admitidas por la norma 3110: [21]. Por tal razón, el espesor del tablero influye en la densidad y la resistencia del mismo, y debe cumplir con los valores establecidos en la norma NTE INEN 3110. La tabla 3.2 muestra las especificaciones generales a la salida de fábrica para los tableros de estopa de coco, considerando los prototipos P2 o para aplicaciones de interior, incluyendo mobiliarios, para utilización en ambientes secos, teniendo en cuenta, condiciones controladas de temperatura, de 20°C y una humedad relativa del 65%, además de las especificaciones generales a la salida de fábrica sobre las propiedades y ensayos, según tolerancias en función del grosor. A continuación, el tablero fabricado, debe cumplir con las siguientes especificaciones:

Tabla 3.4. Parámetros de comparación según la norma NTE INEN 3110

Propiedades	Unidades	Espesores (mm)								
		<3	3 a 4	> 4 a 6	> 6 a 13	> 13 a 20	> 20 a 25	> 25 a 32	> 32 a 40	> 40
Resistencia a la flexión	N/mm ²	13	13	12	11	11	10,5	9,5	8,5	7
Cohesión interna	N/mm ²	1.800	1.800	1.950	1.800	1.600	1.500	1.350	1.200	1.050
Módulo de elasticidad de flexión	N/mm ²	0,45	0,45	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,20
Resistencia al arranque de superficie	N/mm ²	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Densidad - EN 323	kg/m ³	-	600	550	450	400	350	350	350	350
Hinchazón en grosor - EN 323	%	-	12	10	8	6	5	5	5	5

Tabla 3.5. Especificaciones generales de salida de fabrica según la norma NTE INEN 3110

Método de ensayo	Propiedad	Requisito
EN 324-1	Tolerancia sobre las dimensiones nominales	$\pm 0,3 \text{ mm}$
	Grosor sobre tableros lijados en el mismo o entre tableros	$- 0,3 \text{ mm} +1,7 \text{ mm}$
	Longitud y anchura	$\pm 5 \text{ mm}$

Para sacar 5 muestras a analizar, se debe cortar el tablero en 5 piezas de igual tamaño y forma, y someterlas a las pruebas correspondientes de la norma NTE INEN 3110, como la densidad, la resistencia a la flexión, la hinchazón por humedad, la adherencia interna, etc.

Por último, para generar la comprobación de los resultados de espesor, densidad, resistencia a la flexión, hinchazón por humedad y adherencia interna, se debe seguir el siguiente procedimiento:

1. Seleccionar una muestra de tablero de estopa de coco de tipo aglomerado, con las medidas de 45 cm x 17,50 cm y un espesor de 1,5 cm.
2. Acondicionar la muestra a las medidas según la norma ASTM 1037: 1992, respecto de 9 cm x 3,5 cm con un espesor de 0,5 cm, para el ensayo de flexión, utilizando lija.
3. Medir el espesor de la muestra con el medidor de espesores portátil o el medidor de espesores a efecto Hall, y anotar el valor obtenido.
4. Medir la masa de la muestra con una balanza, y anotar el valor obtenido.
5. Calcular el volumen de la muestra, multiplicando el largo, el ancho y el espesor de la misma, y anotar el valor obtenido.
6. Calcular la densidad de la muestra, dividiendo la masa por el volumen, y anotar el valor obtenido.
7. Colocar la muestra en la máquina universal de ensayos, y aplicar una fuerza de flexión sobre la misma, hasta que se rompa o se deforme permanentemente. Tener en cuenta que la velocidad del ensayo, debe ser de 5 mm/s.

8. Medir la resistencia a la flexión de la muestra, como la fuerza máxima que soportó la muestra antes de fallar, y anotar el valor obtenido.
9. Colocar la muestra en el medidor de humedad relativa, y medir el grado de humedad de la misma, y anotar el valor obtenido.
10. Colocar la muestra en una cámara húmeda, y someterla a una humedad relativa del 85% durante 24 horas.
11. Medir el espesor de la muestra después de la exposición a la humedad, y anotar el valor obtenido.
12. Calcular la hinchazón por humedad de la muestra, como el porcentaje de aumento del espesor debido a la humedad, y anotar el valor obtenido.
13. Colocar la muestra en el medidor adhesivo, y aplicar una fuerza de tracción sobre la misma, hasta que se separe o se desprenda una capa de material.
14. Medir la adherencia interna de la muestra, como la fuerza mínima que se requiere para separar una capa de material, y anotar el valor obtenido.
15. Repetir los pasos del 1 al 13 para las otras 4 muestras de tablero de estopa de coco de tipo aglomerado, y anotar los valores obtenidos para cada una.
16. Tabular los valores obtenidos para cada muestra, y calcular los valores promedio, mínimo y máximo para cada elemento. A continuación, tabular los resultados de las muestras en la tabla resultante del siguiente formato:

Tabla 3.6. Formato de recolección de datos del tablero según la norma NTE INEN 3110

Muestra	Peso (g)	Peso	Espesor (mm)	Densidad (kg/m ³)	Fuerza	Deflexión (mm)	Resistencia a la flexión (N/mm ²)	Módulo	Hinchazón en grosor (%)	Fuerza	Cohesión interna (N/mm ²)
		con húmeda (g)			aplicada Flexión (N)			de elasticidad de flexión (N/mm ²)		aplicada Tracción o cohesión interna (N)	
1											
2											
3											
4											
5											
Promedio											
Mínimo											
Máximo											

4.2.2. Criterio para diseño de probetas

Como se mencionó anteriormente, la fabricación del tablero con las medidas previamente indicadas en calidad artesanal con base a estopa de coco, se realizó en las instalaciones de la Universidad Técnica de Cotopaxi, específicamente, en el laboratorio de materiales del mismo, empleando el siguiente equipo técnico:

Tabla 3.7. Parámetros de diseño de la máquina de prueba universal

Nombre del equipo	Máquina de prueba Universal
Marca	Tinius Olsen
Modelo	150 SL
Tipo de prueba	Universal, multi-parámetros
Tipo de producto	Para materiales
Tecnología	Hidráulica.
Capacidad	50 Toneladas.
Potencia del motor	7 HP
Diámetro del émbolo del pistón	170 mm
Recorrido del pistón	410 mm

Nota. Tomado de Tinius Olsen, [24].

Posteriormente, fueron consideradas las indicaciones de la norma ASTM E8 [25], específicamente, el modelo de la figura 1, estableciendo los siguientes parámetros basados en el anexo 4:

Tabla 3.8. Parámetros de diseño de probeta - ASTM

Tipo del especimen	Sheet-Type
G—Longitud	9 cm.
W-Anchura	5 cm.
T-espesor del material	11 mm

Nota. Tomado de ASTM [25].

A continuación, fue representada la forma de la respectiva probeta, según las indicaciones por normativa ASTM:



Figura 3.3. Prototipo de probeta Sheet Type de la norma ASME E8.

Respecto a la selección de las probetas, las mismas fueron estimadas de forma estadística, a través del método de muestreo sistemático-crítico, que consiste en seleccionar las muestras de forma regular y equidistantes dentro de la población objetivo, pero teniendo en cuenta la dirección y el sentido del flujo del material. Este método es útil para detectar posibles variaciones o anomalías en la composición o las propiedades del material.

En el presente caso, la población objetivo son los tableros fabricados con la mezcla de estopa de coco y resina, según las diferentes proporciones de 50%-50%, 60%-40% y 70%-30%. Suponiendo que los tableros tienen una forma rectangular y una superficie homogénea, se puede establecer una rejilla sistemática trazada sobre cada tablero y seleccionar las muestras de forma regular, dando los últimos toques técnicos según las tolerancias indicadas en la normativa INEN 3110, de esta forma, se logra asegurar que las muestras sean uniformes y representativas de todo el tablero y que no haya sesgos por la posición o la orientación de las muestras.

Para justificar el uso de 4 muestras por tablero, se consideró el nivel de precisión deseado para obtener los resultados [14]. La formulación estadística correspondió a un muestreo aleatorio estratificado para garantizar la distribución de forma adecuada de las probetas en relación con la proporción del material para la experimentación. De acuerdo a cada uno de los estratos, se tiene que:

$$n_h = \frac{N h}{N} n \quad (3.1)$$

Donde:

n_h = es el tamaño de la muestra para el estrato.

N_h = es el tamaño del estrato (h) en la población.

N = es el tamaño total de la población según las medidas de los tres tableros.

n = es el tamaño de muestra total deseado.

Luego, aplicando la fórmula previamente descrita, al reemplazar los valores sobre cada tipo de relacional de proporción de mezcla, se obtiene que:

$$n_{50} = \frac{5}{15} \cdot 15 = 5 \quad (3.2)$$

$$n_{50} = 4,99$$

Como el tamaño de la muestra debe ser un número entero, se redondea al alza y se obtiene que $n=5$. Esto significa que se deben usar 5 muestras por tablero, en lugar de 4.

La aplicación de las 4 probetas por tablero, constituyó un sacrificio selectivo de la primera probeta sobre las 5 disponibles, por acción y efecto de asimilar el debido rendimiento de la misma sobre la máquina de ensayos universal, en búsqueda de asegurar las condiciones suficientes sobre el material, despreciándose los resultados de que este pueda arrojar.

En conclusión, el uso de 4 muestras por tablero puede ser aceptable si la desviación estándar de la población es menor a la que hemos supuesto, o si el margen de error que estamos dispuestos a aceptar es mayor. Sin embargo, para tener una mayor seguridad y precisión, sería recomendable usar 5 muestras por tablero, siguiendo el método de muestreo sistemático-crítico que te he explicado.

4.2.3. Fabricación de moldes de tableros

Inicialmente, tras acondicionar la fibra de estopa de coco según los requerimientos por normativa previamente establecidos en la metodología, posteriormente, se diseñaron y fabricaron los moldes con planchas de melamina, las cuales pudiesen alojar las medidas descritas de los tableros y soportar la fuerza ejercida por los ensayos, como se muestra a continuación:



Figura 3.4. Disposición de moldes de melamina

A continuación, los moldes fueron armados en contraposición de partes definidas por las medidas, y empleando un taladro para ejercer presión sobre los tornillos, como se demuestra a continuación en las figuras 3.4 y 3.5:



Figura 3.5. Ensamblado de moldes de melamina



Figura 3.6. Disposición final de moldes de melamina

4.2.4. Fabricación de tableros de estopa de coco

Luego, se procedió a rellenar los diferentes moldes realizados con medidas uniformes, para añadir las proporciones de resina con la estopa de coco, en relaciones de 50-50, 60-40 y 70-30, estableciendo marcadores para cada molde, donde se denotó la cantidad de estopa en gramos respecto del volumen de resina agregado, como se demuestra a continuación en las figuras 3.6 y 3.7:



Figura 3.7. Relleno de molde de estopa con resina (50-50)



Figura 3.8. Relleno de molde de estopa con resina (70-30)

Respecto del modo de aplicación de las resinas, las mismas fueron preparadas previamente en envases, mezclando los elementos tanto A, como B, de cada una, siendo vaciadas en los diferentes moldes, de acuerdo al porcentaje de estopa que contienen, considerando una relación en peso tanto del volumen de resina a aplicar, como de la estopa contenida, como se muestra a continuación, en las figuras 3.8 y 3.9:



Figura 3.9. Mezclado de los elementos de resina a 50-50



Figura 3.10. Vertido del mezclado de resina en los moldes

Posteriormente, fueron sellados cada uno de los moldes y se les aplicó fuerza hidráulica, de acuerdo a los parámetros previamente indicados en la metodología, para preñar el material y obtener el tablero, según la figura 3.10:



Figura 3.11. Aplicación de fuerza hidráulica sobre los moldes

Tras alcanzar la compresión del material deseado, los moldes fueron asegurados en el sitio sin desplazar las fuerzas hidráulicas y posteriormente fueron removidos para ser introducidos en un horno, durante 60 minutos a una temperatura controlada mayor a 60°C, permitiendo la ventilación para no dañar el contenido de los tableros, según la figura 3.11:



Figura 3.12. Moldes en horno

4.2.5. Fabricación de probetas

Luego de retirar los moldes del horno y reposar el material, fueron desplazadas las tapas de los moldes para extraer el tablero final e iniciar la fabricación de las probetas de acuerdo a las medidas indicadas previamente en la metodología, con forma rectangular, como se evidenció a continuación:



Figura 3.13. Moldes en horno

Cada uno de los tableros, fueron identificados según la relación de proporción entre resina y estopa previamente indicados con números romanos en marcador y fueron generadas las probetas a través del corte específico según las medidas establecidas, según la figura 3.13:



Figura 3.14. Corte de probetas

Finalmente, fueron pesados todos y cada uno de los tableros para iniciar la recolección de datos físicos, según la figura 3.14:



Figura 3.15. Corte de probetas

4.2.6. Aplicación de ensayos sobre probetas

4.2.6.1. *Ensayo de flexión*

Inicialmente, fueron extraídas las formas de las probetas, para luego ser acondicionadas en forma de figuras acordes, para generar los ensayos sobre las máquinas, de acuerdo a cada una de las relaciones de proporción de las mezclas de resina y estopa, de acuerdo a la figura 3.15:



Figura 3.16. Corte de probetas

Luego, fueron dispuestas cada una de las muestras en la máquina de ensayos para iniciar la prueba, asegurando cada probeta en el lugar dispuesto por las indicaciones del fabricante y el manual del mismo, según la figura 3.16:



Figura 3.17. Colocación de probetas en máquina de ensayos de flexión

A continuación, fueron iniciados los ensayos para cada probeta, según la relación de mezclado de proporciones, arrojando los parámetros en el monitor conectado a la máquina, de acuerdo a las figuras 3.17 y 3.18. También, ver anexo 2:

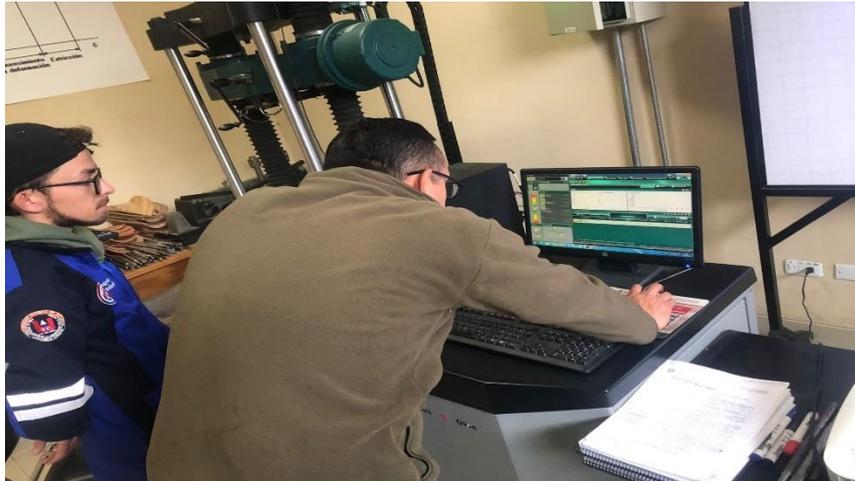


Figura 3.18. Seguimiento del ensayo en pantalla



Figura 3.19. Visualización de resultados de ensayos en pantalla

4.2.6.2. *Ensayo de tracción*

A continuación, fue ajustada la configuración de funcionamiento del equipo para realizar el ensayo de tracción, posicionando nuevamente las probetas en el equipo y generando el estiramiento de las mismas, según las figuras 3.19 y 3.20:



Figura 3.20. Ajuste de probetas para el ensayo de tracción

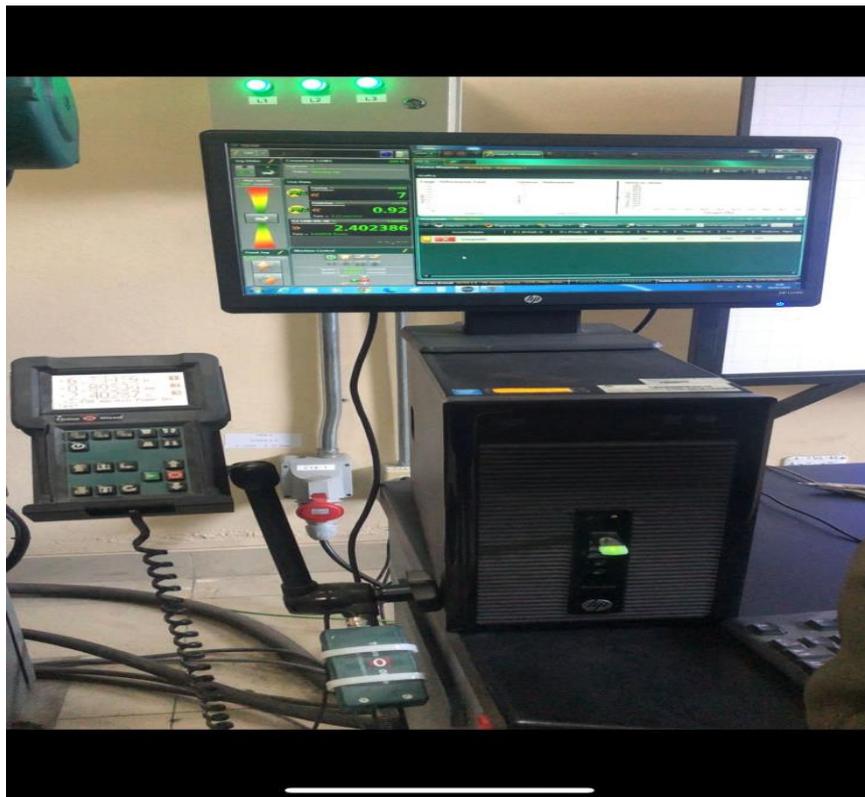


Figura 3.21. Visualización de resultados de tracción en pantalla

Como se demostró en la figura 3.18, fueron el ensayo se logró satisfactoriamente, obteniéndose resultados apreciables y visualizados en la pantalla.

4.2.7. Recolección y discusión de resultados

Finamente, fueron tabulados los diferentes resultados arrojados por los ensayos realizados, a partir de la tabla 3.7; habiendo establecido como criterio técnico, cada una de las siguientes formulaciones basadas en las normativas NTE INEN 3110 y EN 323, para obtener los parámetros de acuerdo a la siguiente serie de fórmulas específicas, dependiendo del caso:

4.2.7.1. *Fórmula para determinar resistencia a la flexión*

$$\sigma \text{ flexión} = \frac{3L^3F}{2bd^2} \quad (3.3)$$

F= carga aplicada.

L= longitud de barra.

b= ancho de barra.

d= espesor.

4.2.7.2. *Fórmula para determinar módulo de flexión*

$$E \text{ flexión} = \frac{L^3F}{4bd^3\delta} \quad (3.4)$$

F= carga aplicada.

L= longitud de barra.

b= ancho de barra.

d= espesor.

δ = deflexión.

4.2.7.3. *Fórmula para determinar cohesión interna*

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{F}{A} \quad (3.5)$$

F= carga aplicada.

A= área de cara de barra (base x altura).

4.2.7.4. *Fórmula para determinar la hinchazón por grosor*

$$\text{absorcion}(\%) = \frac{p.\text{final}-p.\text{inicial}}{p.\text{inicial}} \times 100 \quad (3.6)$$

P. final= peso final.

P. inicial= peso inicial.

4.2.7.5. *Fórmula para determinar la densidad*

$$\rho = \frac{m}{b_1 \cdot b_2 \cdot t} \times 10^5 \quad (3.7)$$

m= peso de la probeta en m.

b1= longitud de la barra.

b2= ancho de la barra.

t= espesor de la barra.

4.2.7.6. *Resolución de fórmulas para muestra de 50%-50%*

De acuerdo a cada una de las fórmulas previamente descritas, a continuación, fueron desarrollados los cálculos, aplicando las mismas, para el caso de la muestra con proporción 50%-50%:

Resistencia a la flexión:

$$\sigma_{flexión} = \frac{3L^3F}{2bd^2}$$

$$\sigma_{flexión} = \frac{3 \times 90mm^3 \times 45N}{2 \times 30mm \times 11mm^2}$$

$$\sigma_{flexión} = 1.67 \text{ N/mm}^2$$

Módulo de flexión:

$$E_{flexión} = \frac{L^3F}{4bd^3\delta}$$

$$E_{flexión} = \frac{90mm^3 \times 45N}{4 \times 30mm \times 11mm^3 \times 25mm}$$

$$E_{flexión} = 8.22 \text{ N/mm}^2$$

Cohesión interna:

$$\sigma_{máx} = \frac{F}{A}$$

$$\sigma_{máx} = \frac{60N}{11mm \times 30mm}$$

$$\sigma_{máx} = 0.182 \text{ N/mm}^2$$

Hinchazón por grosor:

$$absorción \text{ de agua } (\%) = \frac{\text{peso final} - \text{peso inicial}}{\text{peso inicial}} \times 100$$

$$absorción \text{ de agua } (\%) = \frac{15g - 125g}{125g} \times 100$$

$$absorción \text{ de agua } (\%) = 20\%$$

Densidad del material:

$$\rho = \frac{m}{b1 * b2 * t} \times 10^5$$

$$\rho = \frac{125g}{30mm * 90mm * 11mm} \times 10^5$$

$$\rho = 421 \text{ kg/m}^3$$

4.2.7.7. *Representación de tablas y gráficas de las proporciones de los tableros*

A continuación, fueron presentadas las tablas respecto de los resultados arrojados para cada uno de los parámetros de los tableros de acuerdo a las relaciones de proporción particulares, así como de las gráficas correspondientes a cada uno de estos:

Tabla 3.9. Relación de resultados de ensayos

Relación de mezcla estopa-resina: 50%-50%

Muestra	Peso (g)	Peso probeta húmeda	Espesor (mm)	Densidad (kg/m³)	Fuerza aplicada (N)	Deflexión (mm)	Resistencia a la flexión (N/mm²)	Módulo de elasticidad de flexión (N/mm²)	Hinchazón en grosor (%)	Fuerza aplicada (N)	Cohesión interna (N/mm²)
1	125	150	11	421	45	25	1,67	0,182	20%	60	8,22
2	118	143	11	397	47	27	1,75	0,179	21%	59	7,95
3	132	157	11	444	43	28	1,60	0,188	19%	62	7,01
4	130	155	11	438	49	23	1,82	0,185	19%	61	9,72
Promedió	126	151	11	425	46	26	1,71	0,183	20%	61	8,22
Mínimo	118	143	11	397	43	23	1,60	0,179	19%	59	7,01
Máximo	132	157	11	444	49	28	1,82	0,188	21%	62	9,72



Figura 3.22. Graficación de resistencia a la flexión – Relación 50%-50%

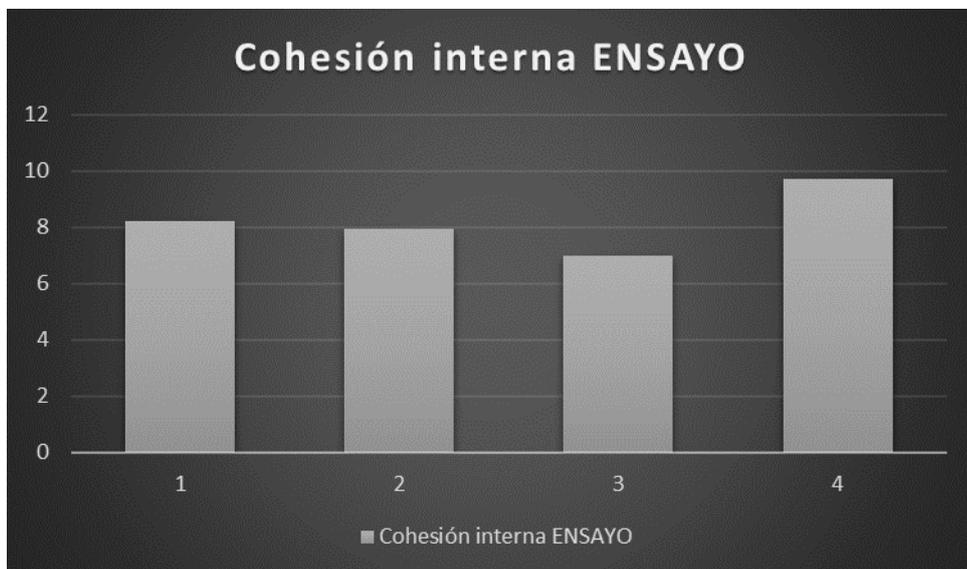


Figura 3.23. Graficación de cohesión interna– Relación 50%-50%

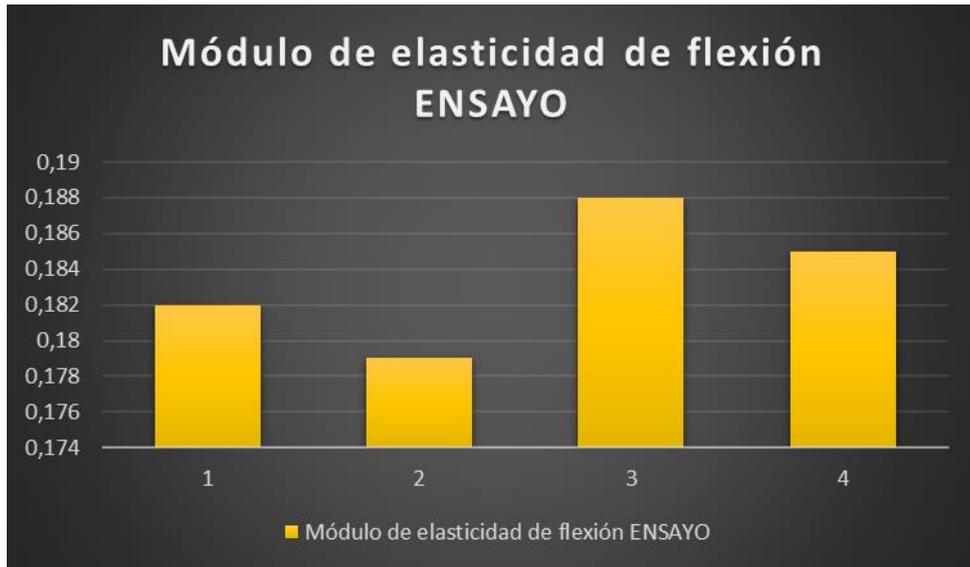


Figura 3.24. Graficación de módulo de elasticidad– Relación 50%-50%

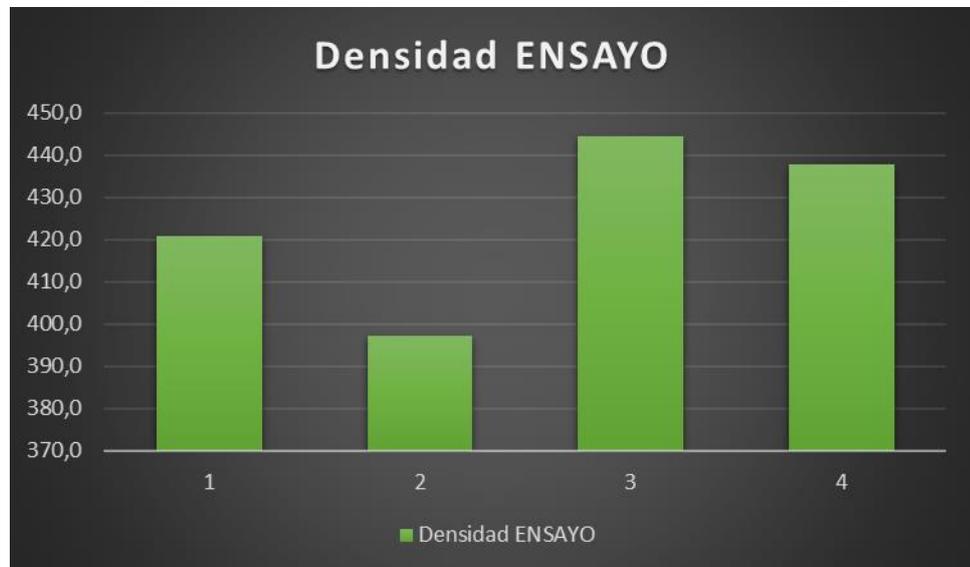


Figura 3.25. Graficación de densidad– Relación 50%-50%

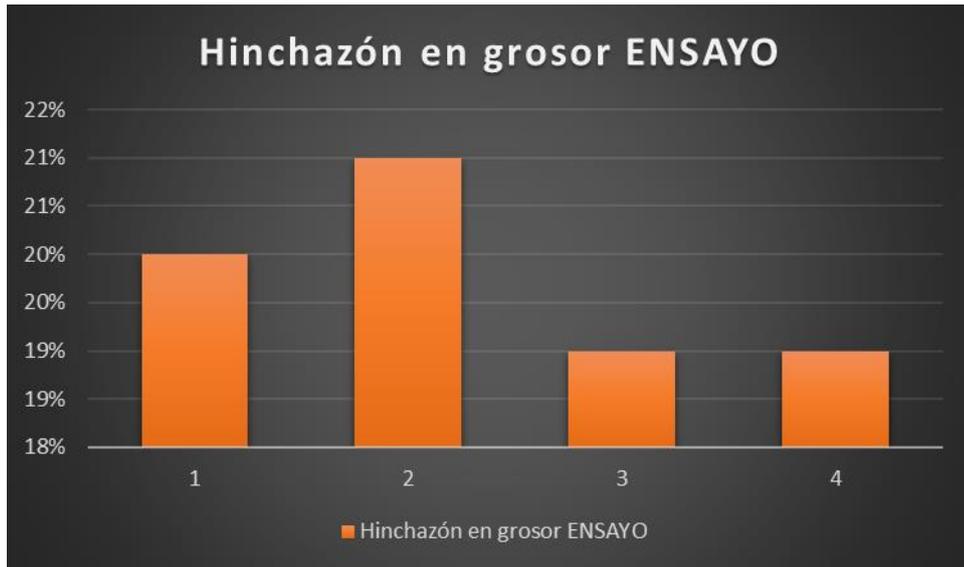


Figura 3.26. Graficación de hinchazón de grosor– Relación 50%-50%

A continuación, la discusión de los resultados de las probetas según las relaciones de mezclado entre estopa de coco y resina de poliuretano de 50%-50%:

Para discutir los resultados de los ensayos de las cuatro probetas, primero vamos a analizar los datos proporcionados y luego hacer algunas observaciones:

- Resistencia a la flexión: Las probetas tienen una resistencia a la flexión que varía entre 1,60 N/mm² y 1,82 N/mm², con una media de aproximadamente 1,71 N/mm². Estos valores están dentro del rango de la norma NTE INEN 3110, que especifica una resistencia a la flexión de 11 N/mm². Sin embargo, los valores obtenidos son significativamente más bajos.
- Módulo de elasticidad: El módulo de elasticidad de flexión varía entre 0.179 N/mm² y 0.188 N/mm², con una media de aproximadamente 0.183 N/mm². Estos valores también están por debajo del módulo de elasticidad especificado en la norma, que es de 0.4 N/mm².
- Hinchazón por humedad: Las probetas muestran una hinchazón por humedad que varía entre el 19% y el 21%, con una media del 19,75%. Este valor está dentro del límite máximo del 12% especificado en la norma EN 323.
- Cohesión interna: La cohesión interna varía entre 7.01 N/mm² y 9.72 N/mm². Estos valores son menores que los especificados en la norma NTE INEN 3110, que establece una cohesión interna de 1800 N/mm².
- Observaciones adicionales: La relación de mezcla del 50%-50% entre estopa de coco y resina de poliuretano parece ser consistente a lo largo de las probetas, ya que los valores no muestran una variación significativa entre ellas. Los valores obtenidos en los ensayos están por debajo de los estándares especificados en las normas mencionadas. Esto puede indicar que la calidad de los materiales utilizados o el proceso de fabricación no cumplen con los requisitos de las normas.

En resumen, aunque las probetas muestran cierta capacidad de resistencia a la flexión y una hinchazón por humedad dentro del límite establecido, los valores obtenidos están por debajo de las especificaciones de las normas. Esto sugiere que podrían ser necesarios ajustes en los materiales o el proceso de fabricación para cumplir con los estándares requeridos.

Tabla 3.10. Relación de resultados de ensayos

Relación de mezcla estopa-resina: 60%-40%

Muestra	Peso (g)	Peso probeta húmeda	Espesor (mm)	Densidad (kg/m³)	Fuerza aplicada (N)	Deflexion (mm)	Resistencia a la flexión (N/mm²)	Módulo de elasticidad de flexión (N/mm²)	Hinchazón en grosor (%)	Fuerza aplicada (N)	Cohesión interna (N/mm²)
1	135	154	11	455	51	21	1,90	0,200	14%	66	11,08
2	138	157	11	465	54	20	2,01	0,191	14%	63	12,32
3	134	151	11	451	53	17	1,97	0,188	13%	62	14,23
4	140	153	11	471	57	15	2,12	0,197	9%	65	17,34
Promedió	137	154	11	460	54	18	2,00	0,194	12%	64	13,75
Mínimo	134	151	11	451	51	15	1,90	0,188	9%	62	11,08
Máximo	140	157	11	471	57	21	2,12	0,200	14%	66	17,34



Figura 3.27. Graficación de resistencia a la flexión – Relación 60%-40%

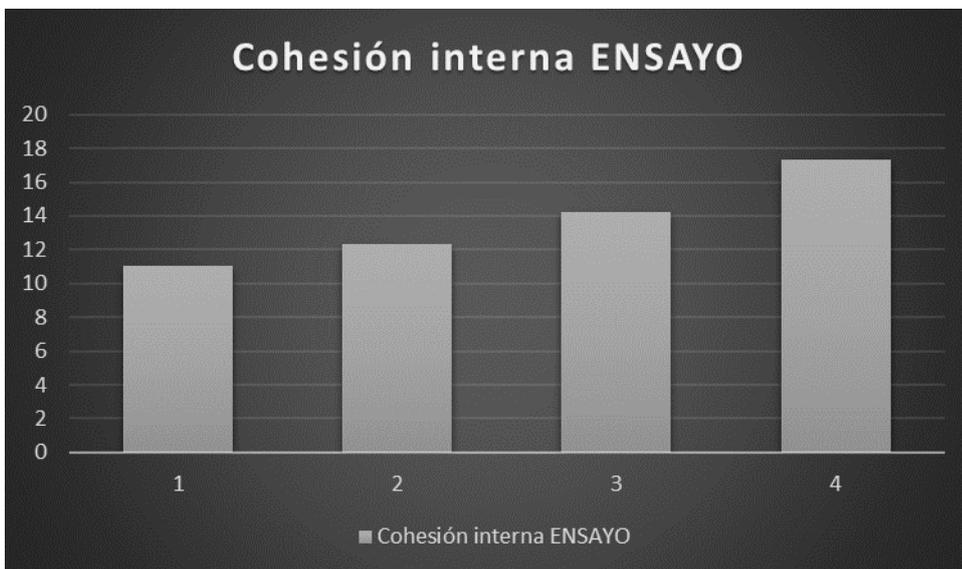


Figura 3.28. Graficación de cohesión interna– Relación 60%-40%

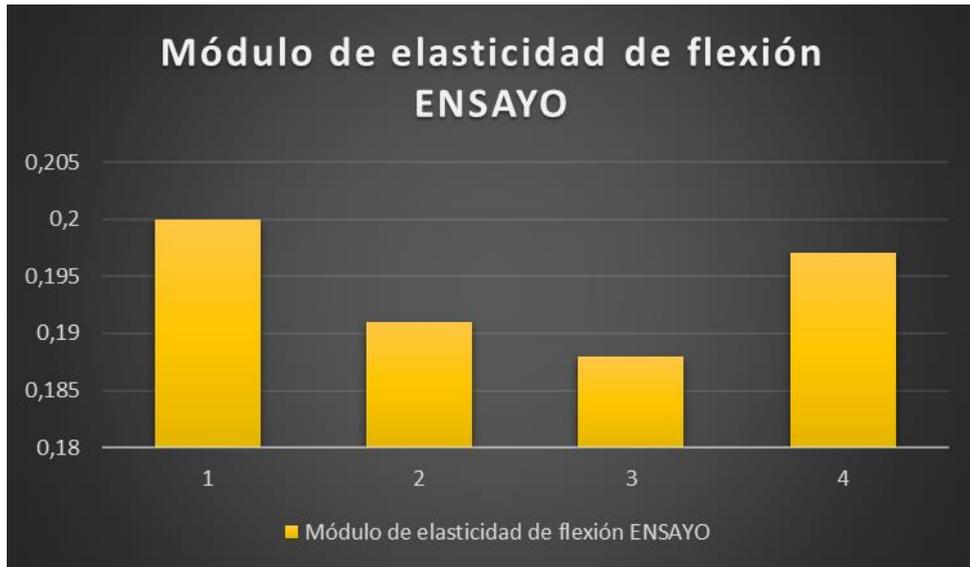


Figura 3.29. Graficación de módulo de elasticidad a la flexión– Relación 60%-40%

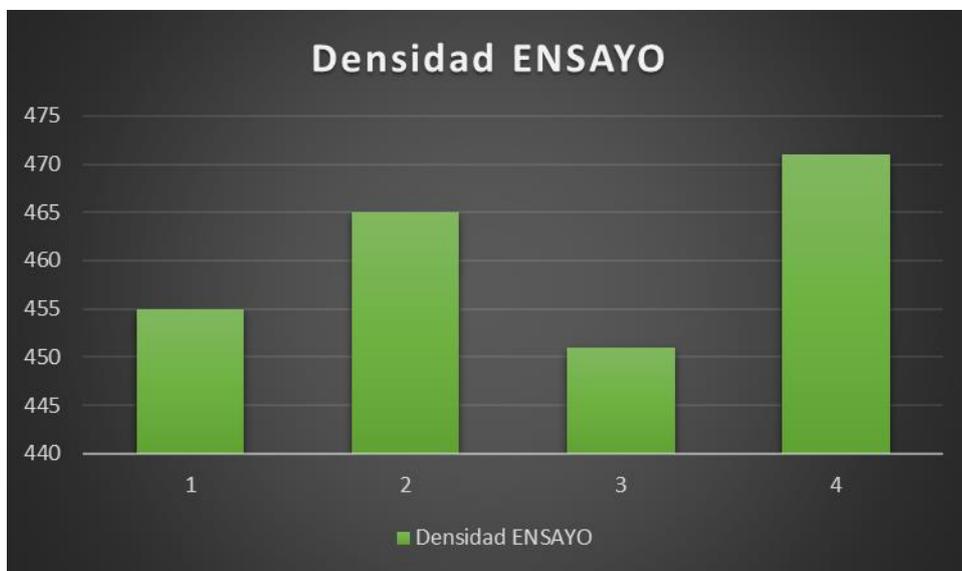


Figura 3.30. Graficación de densidad– Relación 60%-40%



Figura 3.31. Graficación de hinchazón por grosor– Relación 60%-40%

Al analizar los resultados del segundo ensayo, con una mezcla de estopa de coco y resina de poliuretano en una relación del 60%-40%:

- Resistencia a la flexión: Las probetas muestran una resistencia a la flexión que varía entre 1,90 N/mm² y 2,12 N/mm², con una media de aproximadamente 2,00 N/mm². Estos valores siguen estando por debajo de la resistencia a la flexión especificada en la norma NTE INEN 3110, que es de 11 N/mm², pero son ligeramente mayores que los valores obtenidos en el primer conjunto de probetas.
- Módulo de elasticidad: El módulo de elasticidad de flexión varía entre 0.188 N/mm² y 0.200N/mm², con una media de aproximadamente 0.194 N/mm². Estos valores son considerablemente más altos que los obtenidos en el primer conjunto de probetas y están más cerca del valor especificado en la norma (0.4 N/mm²).
- Hinchazón por humedad: Las probetas muestran una hinchazón por humedad que varía entre el 9% y el 14%, con una media del 12,5%. Este valor sigue estando dentro del límite máximo del 12% especificado en la norma EN 323, pero las probetas muestran una mejor resistencia a la hinchazón que las del primer conjunto.
- Cohesión interna: La cohesión interna varía entre 11,08 N/mm² y 17,34 N/mm². Estos valores siguen estando por debajo de los especificados en la norma NTE INEN 3110, pero son ligeramente mayores que los obtenidos en el primer conjunto de probetas.
- Observaciones adicionales: La relación de mezcla del 60%-40% entre estopa de coco y resina de poliuretano sigue siendo consistente a lo largo de las probetas, al igual que en el primer conjunto. Aunque los valores de resistencia a la flexión y cohesión interna siguen estando por debajo de los estándares especificados en las normas, hay una mejora significativa en el módulo de elasticidad y una reducción en la hinchazón por humedad en comparación con el primer conjunto de probetas.

En resumen, aunque aún hay margen de mejora para cumplir completamente con las normas establecidas, los resultados muestran una tendencia positiva hacia una mejor calidad y cumplimiento de los estándares, especialmente en términos de módulo de elasticidad y resistencia a la hinchazón por humedad.

Tabla 3.11. Relación de resultados de ensayos

Relación de mezcla estopa-resina: 70%-30%

Muestra	Peso (g)	Peso probeta húmeda	Espesor (mm)	Densidad (kg/m³)	Fuerza aplicada (N)	Deflexion (mm)	Resistencia a la flexión (N/mm²)	Módulo de elasticidad de flexión (N/mm²)	Hinchazón en grosor (%)	Fuerza aplicada (N)	Cohesión interna (N/mm²)
1	150	160	11	505	58	12	2,16	0,203	7%	67	22,06
2	152	163	11	512	61	14	2,27	0,200	7%	66	19,89
3	147	159	11	495	57	15	2,12	0,194	8%	64	17,34
4	158	163	11	532	55	13	2,05	0,206	3%	68	19,31
Promedió	152	161	11	511	58	14	2,15	0,201	6%	66	19,65
Mínimo	147	159	11	495	55	12	2,05	0,194	3%	64	17,34
Máximo	158	163	11	532	61	15	2,27	0,206	8%	68	22,06



Figura 3.32. Graficación de resistencia a la flexión – Relación 70%-30%

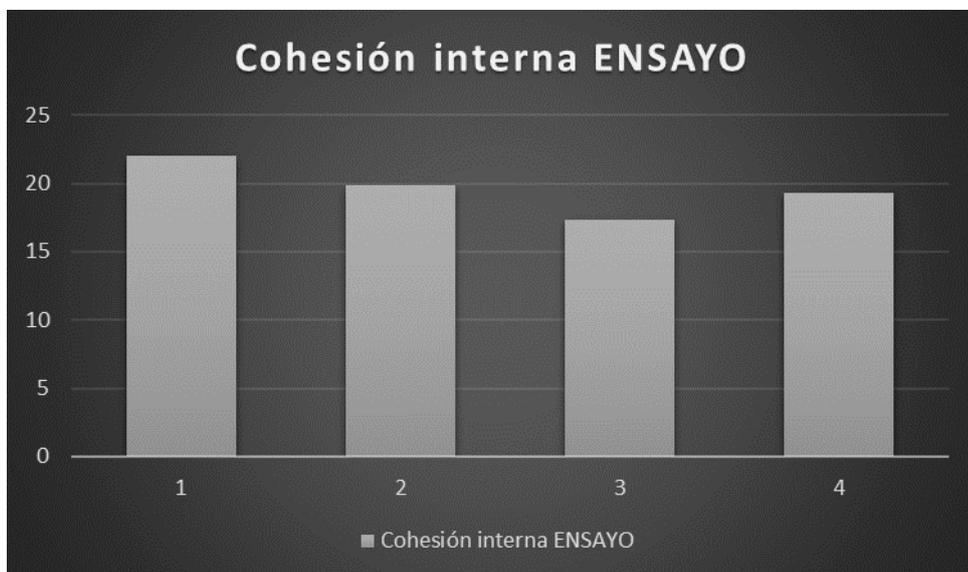


Figura 3.33. Graficación de cohesión interna – Relación 70%-30%

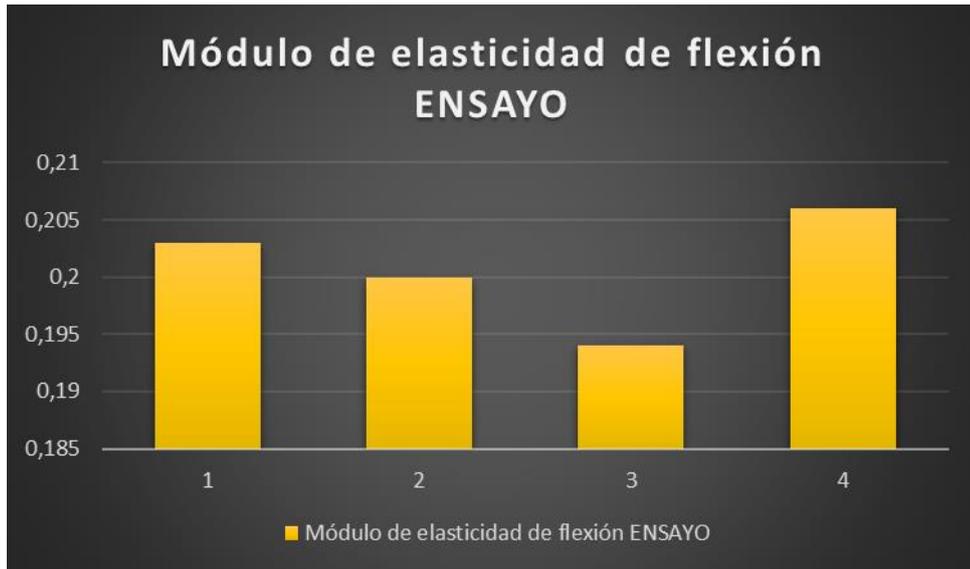


Figura 3.34. Graficación de módulo de elasticidad de flexión– Relación 70%-30%

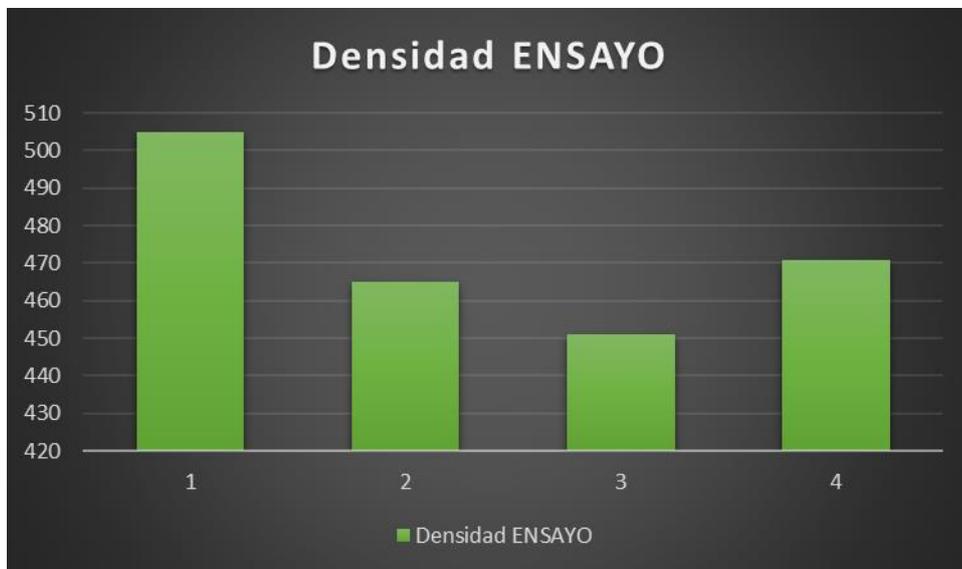


Figura 3.35. Graficación de densidad – Relación 70%-30%

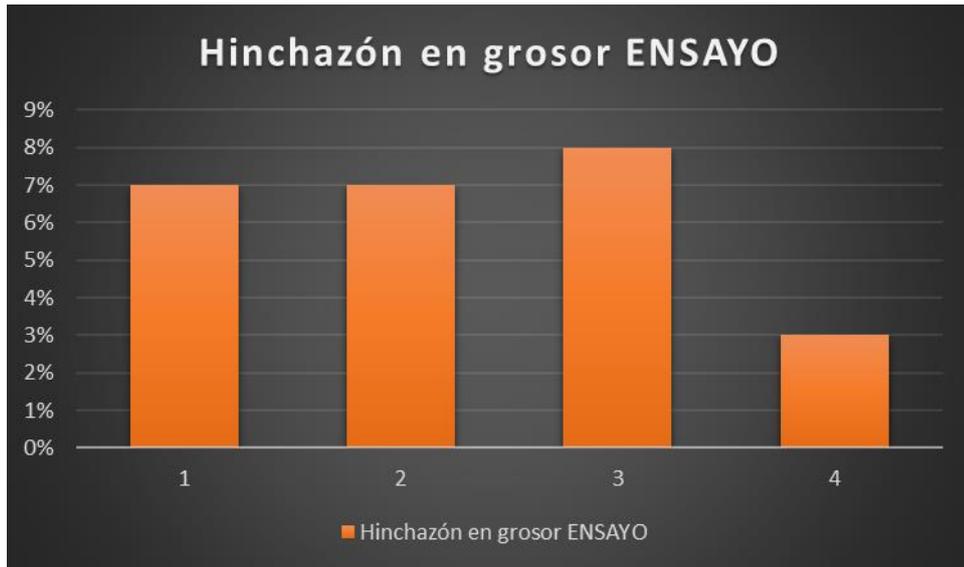


Figura 3.36. Graficación de hinchazón en grosor– Relación 70%-30%

Por último, fueron expuestos los resultados de la mezcla en relación 70%-30%:

Al examinar los resultados del tercer ensayo, utilizando una mezcla de estopa de coco y resina de poliuretano en una relación del 70%-30%:

- Resistencia a la flexión: Las probetas muestran una resistencia a la flexión que varía entre 2,05 N/mm² y 2,27 N/mm², con una media de aproximadamente 2,15 N/mm². Aunque estos valores siguen estando por debajo de la resistencia a la flexión especificada en la norma NTE INEN 3110, muestran una mejora gradual en comparación con los conjuntos de probetas anteriores.
- Módulo de elasticidad: El módulo de elasticidad de flexión varía entre 0.194 N/mm² y 0.206 N/mm², con una media de aproximadamente 0.201 N/mm². Estos valores muestran una mejora significativa en comparación con los conjuntos de probetas anteriores y están más cerca del valor especificado en la norma (0.4 N/mm²).
- Hinchazón por humedad: Las probetas muestran una hinchazón por humedad que varía entre el 3% y el 8%, con una media del 6,25%. Aunque la hinchazón por humedad sigue estando dentro del límite máximo del 12% especificado en la norma EN 323, las probetas muestran una mejor resistencia a la hinchazón que los conjuntos anteriores.
- Cohesión interna: La cohesión interna varía entre 17,34 N/mm² y 22,06 N/mm². Estos valores muestran una mejora en comparación con los conjuntos de probetas anteriores y están más cerca de los especificados en la norma NTE INEN 3110.
- Observaciones adicionales: La relación de mezcla del 70%-30% entre estopa de coco y resina de poliuretano parece ser consistente a lo largo de las probetas. En general, los resultados muestran una tendencia positiva hacia una mejor calidad y cumplimiento de los estándares, especialmente en términos de resistencia a la flexión, módulo de elasticidad y resistencia a la hinchazón por humedad.

En resumen, aunque aún hay margen de mejora para cumplir completamente con las normas establecidas, los resultados muestran una mejora continua en la calidad y cumplimiento de los estándares con la variación de la relación de mezcla entre estopa de coco y resina de poliuretano.

Finalmente, los resultados arrojados por cada uno de los ensayos en relación a la mezcla entre resina de poliuretano y estopa de coco, según la fuerza hidráulica aplicada, evidenció las siguientes compatibilidades o discordancias con la normativa NTE INEN 3110 y EN 323, a continuación:

Tabla 3.12. Tabla comparativa valores de Norma NTE INEN 3110 vs valores de proporción %70-%30

Norma NTE INEN 3110			Promedió Relación de mezcla estopa-resina: 70%-30%
Propiedades	Unidades		> 6 a 13
Resistencia a la flexión	N/mm ²	11	11
Cohesión interna	N/mm ²	1.800	19,65
Módulo de elasticidad de flexión	N/mm ²	0,4	0,201
Densidad - EN 323	kg/m ³	450	511
Hinchazón en grosor - EN 323	%	8	6%

Al contrastar los resultados de los tres ensayos realizados, se pueden identificar ciertas tendencias y variaciones significativas en los parámetros evaluados, así como su compatibilidad con las normas de referencia mencionadas.

Para realizar una discusión completa que interrelacione, integre y compare todos los resultados del ensayo de la proporción 70% - 30%, vamos a analizar los resultados en función de los parámetros obtenidos en cada ensayo:

Respecto a la resistencia a la flexión, en general, se observa una mejora gradual en la resistencia a la flexión a medida que se reduce la proporción de estopa de coco y se aumenta la proporción de resina de poliuretano en la mezcla.

En cuanto al módulo de elasticidad, al igual que con la resistencia a la flexión, se observa una mejora gradual en el módulo de elasticidad a medida que se reduce la proporción de estopa de coco en la mezcla.

En referencia al porcentaje de hinchazón por humedad, se observa una reducción significativa en la hinchazón por humedad a medida que se reduce la proporción de estopa de coco en la mezcla.

Finalmente, respecto a la cohesión interna, se observó una mejora gradual en la cohesión interna a medida que se reduce la proporción de estopa de coco en la mezcla.

En resumen, los resultados de los ensayos muestran una mejora progresiva en la resistencia a la flexión, el módulo de elasticidad, la resistencia a la hinchazón por humedad y la cohesión interna a medida que se reduce la proporción de estopa de coco y se aumenta la proporción de resina de poliuretano en la mezcla. Esto sugiere que una mayor cantidad de resina de poliuretano mejora las propiedades mecánicas y físicas del material compuesto. Sin embargo, es importante tener en cuenta que aún hay margen de mejora para cumplir completamente con los estándares establecidos por las normas NTE INEN 3110 y EN 323.

4.2.8. Comprobación de hipótesis

A continuación, fueron canalizados los siguientes datos para la determinación de la hipótesis, para las relaciones de mezcla entre estopa de coco y resina de poliuretano del 60%-40%, y 70%-30%, siendo estas las más resistentes a la flexión y compresión:

4.2.8.1. Datos de relación 60%-40%

$N = 4$ (Número de muestras).

Media = $2,00 \text{ N/mm}^2$.

Desviación típica = $0,44 \text{ N/mm}^2$.

Error típico de la meda = $0,22 \text{ N/mm}^2$.

Para dichos datos, se determinó que:

Tabla 3.13. Prueba para las muestras 60%-40%

t	gl	Significancia bilateral	Diferencia de medias	Intervalo de confianza (inferior y superior)
-40,91	3	5%	-9,00 N/mm ²	(-∞,∞)

4.2.8.2. Datos de relación 70%-30%

N = 4 (Número de muestras).

Media = 2,15 N/mm².

Desviación típica = 0,31 N/mm²

Error típico de la meda = 0,155 N/mm².

Para dichos datos, se determinó que:

Tabla 3.14. Prueba para las muestras 70%-30%

t	gl	Significancia bilateral	Diferencia de medias	Intervalo de confianza (inferior y superior)
-57,10	3	5%	-8,85 N/mm ²	(-∞,∞)

Dado que los valores de t calculados son mucho menores (en valor absoluto) que el valor crítico de t, se puede concluir que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula. Esto significa que no se puede afirmar que la mezcla de estopa de coco con resina no proporciona un material capaz de ser usado como tablero según los parámetros de la norma NTE INEN 3110. Por lo tanto, la hipótesis del tema no se rechaza.

4.3. EVALUACIÓN, TÉCNICO, SOCIAL, AMBIENTAL Y ECONÓMICA

4.3.1. Viabilidad económica

A continuación, fueron generados los detalles explícitos sobre el desarrollo de los moldes e integración económica del costo de las probetas y la estopa de coco, según la siguiente determinación del volumen del molde:

Tabla 3.15. Dimensionamiento de moldes según medidas de probetas

Diseño de probetas 3D	Datos	Volumen
	h= 1.5cm	$V= 1.5\text{cm} \times 17.5\text{cm} \times 45\text{cm}$ $V= 1181.25\text{cm}^3$
	b=17.5cm	
	l= 45cm	

Para el desarrollo de cada uno de los 3 moldes de las mezclas, se consideraron las siguientes especificaciones técnicas de los materiales para fabricarlos:

- Densidad de la resina de poliuretano = 1.20 g /cm³
- 1 cm³ = 1 ml entonces el volumen de nuestro molde es de 1181.25 ml.
- Masa es igual $m=V \times D$ donde la densidad (g/ml)

Posteriormente, fue aplicado el siguiente calculo para la determinación de la masa a manejar:

$$\begin{aligned}
 \text{MASA } m &= 1181.25 \text{ cm}^3 \times 1.2 \text{ gr/cm}^3 \\
 m &= 1417.5 \text{ g}
 \end{aligned}
 \tag{3.8}$$

Tabla 3.16. Cálculo de resina y fibra de coco

MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
5 probetas (50 / 50)	5 probetas (60 / 40)	5 probetas (70 / 30)
Donde: Resina 50 %	Donde: Resina 60 %	Donde: Resina 70 %
Fibra 50 %	Fibra 50 %	Fibra 30 %

Cálculo de resina (gr)	$X = (1417.5 * 50) / 100$ $X = 708.75 \text{gr}$	$X = (1417.5 * 60) / 100$ $X = 850.5 \text{gr}$	$X = (1417.5 * 70) / 100$ $X = 992.25 \text{gr}$
Cálculo de fibra (gr)	$X = (1181.25 * 50) / 100$ $X = 590.62 \text{gr}$	$X = (1181.25 * 40) / 100$ $X = 472.5 \text{gr}$	$X = (1181.25 * 30) / 100$ $X = 354.37 \text{gr}$

Por otro lado, el costo asociado a los cálculos determinados para el contenido de material, fue el siguiente:

- 1000 ml de resina de poliuretano = 40\$.
- 1Kg de fibra de coco con el 95% de humedad = 0.70 centavos (dato fue obtenido por productores de fibra de coco).

Cabe resaltar que el uso de la resina de poliuretano, fue seleccionada, de acuerdo a la disponibilidad de los materiales de uso convencional, el cual, se encuentra disponible en el Ecuador, en reemplazo del producto de importación, por las fábricas de elementos de mueblería, el cual es especial para dichos usos, siendo esta, la urea-formaldehído.

A continuación, se aplicó la ecuación de la línea recta, $mx + b$, para determinar las mejores características respecto a la proporción entre las mezclas de estopa de coco y resina, al utilizar la fórmula, donde (y) representa el costo total, (x) representa la proporción de estopa de coco, (m) es el coeficiente de pendiente (que representa el costo por gramo de estopa de coco), y (b) es el término independiente (que representa el costo fijo o inicial), asumiendo el cálculo de los valores de (m) y (b). Dados los datos proporcionados:

Tabla 3.17. Relación de costos del material usado

	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	TOTAL RESINA
Costo de resina (1ml=\$0.04)	$X = 708.75 \text{ g} *$ 0.04\$ $X = \$28.35$	$X = 850.5 \text{ g} *$ 0.04\$ $X = \$34.02$	$X = 992.25 \text{ g} * 0.04\$$ $X = 39.69\$$	2251.5 g o 2251.5 ml
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	TOTAL FIBRA
Costo de la fibra (1gr = \$0.0007)	$X = 590.62 \text{ g} *$ \$0.0007 $X = \$0.41$	$X = 472.5 \text{ g} *$ \$0.0007 $X = \$0.33$	$X = 354.37 \text{ g} *$ \$0.0007 $X = \$0.24$	1415.49 g

Costo total = \$103,07

Finalmente, la perspectiva económica de la fabricación y ensayos de comprobación de viabilidad de los tableros de estopa de coco y resina de poliuretano, tuvo un costo total de \$103,07, lo cual, lo convierte en una forma viable, al despreciar la aplicación de recargos y costos de experimentación, dado el uso de las instalaciones de la Universidad Técnica de Cotopaxi, empleándose dichos costos para generar tableros en diferentes medidas.

4.3.2. Viabilidad social

La fabricación de tableros utilizando estopa de coco y resina de poliuretano presenta una viabilidad social significativa en varios aspectos. En primer lugar, esta práctica promueve la utilización de materiales renovables y biodegradables, como la estopa de coco, en lugar de recursos no renovables o de origen fósil. Esto ayuda a reducir la dependencia de materiales derivados del petróleo y la deforestación asociada con la tala de árboles para la producción de tableros de madera.

Además, el uso de estopa de coco como materia prima principal fomenta el aprovechamiento de subproductos agrícolas y la diversificación de las fuentes de ingresos para las comunidades agrícolas que producen coco. Esto puede tener un impacto positivo en la economía local al crear oportunidades de empleo y generar ingresos adicionales para los agricultores locales.

Otro aspecto relevante es la posible reducción de residuos agrícolas y la promoción de prácticas más sostenibles en la industria del coco. Al utilizar la estopa de coco para la fabricación de tableros, se puede disminuir la cantidad de residuos agrícolas que de otro modo podrían terminar en vertederos o ser quemados, lo que contribuye a la contaminación ambiental y a la emisión de gases de efecto invernadero.

Además, la producción de tableros con estopa de coco y resina de poliuretano puede ofrecer una alternativa más accesible y asequible para la construcción y la fabricación de muebles en comunidades donde los materiales convencionales pueden ser costosos o escasos. Esto puede

contribuir a mejorar la calidad de vida de las personas al proporcionar soluciones de construcción más económicas y resistentes.

En términos de aspectos sociales más amplios, esta práctica también puede tener un impacto positivo en la salud y el bienestar de las personas al reducir la exposición a productos químicos tóxicos presentes en algunos materiales de construcción convencionales. La estopa de coco y la resina de poliuretano suelen ser materiales más seguros y saludables en comparación con otros materiales sintéticos.

En resumen, la fabricación de tableros con estopa de coco y resina de poliuretano es socialmente viable, ya que promueve el uso de materiales renovables, apoya a las comunidades agrícolas locales, reduce los residuos agrícolas, proporciona alternativas económicas y accesibles para la construcción, y contribuye a la salud y el bienestar de las personas.

4.3.3. Viabilidad ambiental

Para desarrollar la viabilidad ambiental de la fabricación de tableros con estopa de coco y resina de poliuretano, se pueden considerar varios aspectos ambientales a lo largo del ciclo de vida del producto:

Tabla 3.18. Viabilidad ambiental de la estopa de coco

Aspectos de viabilidad ambiental de la estopa de coco para fabricar tableros
1. Extracción de materias primas: La estopa de coco se obtiene como un subproducto de la industria del coco, lo que reduce la necesidad de recursos adicionales y aprovecha un material que de otro modo podría ser desechado. La resina de poliuretano, aunque derivada del petróleo, puede ser fabricada con tecnologías más eficientes y menos contaminantes.
2. Producción: La fabricación de tableros con estopa de coco y resina de poliuretano puede requerir menos energía y generar menos emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con la producción de tableros de madera convencionales. Además, al utilizar materiales renovables como la estopa de coco, se reduce la presión sobre los recursos forestales.
3. Uso: Los tableros fabricados con estopa de coco y resina de poliuretano pueden ofrecer ventajas en términos de durabilidad y resistencia a la humedad, lo que prolonga su vida útil y

reduce la necesidad de reemplazo. Esto contribuye a una menor generación de residuos y al ahorro de recursos a lo largo del tiempo.

4. Disposición final: Al final de su vida útil, los tableros de estopa de coco y resina de poliuretano pueden ser reciclados o compostados, lo que reduce su impacto ambiental en comparación con los materiales no reciclables o difíciles de desechar.

En conclusión, la fabricación de tableros con estopa de coco y resina de poliuretano presenta una viabilidad ambiental significativa al aprovechar materiales renovables, reducir la dependencia de recursos no renovables, minimizar las emisiones y la generación de residuos, y promover prácticas más sostenibles en la industria de la construcción y fabricación de muebles. Sin embargo, es importante seguir evaluando y mejorando continuamente los procesos y materiales utilizados para garantizar un enfoque verdaderamente sostenible y responsable desde el punto de vista ambiental.

4.3.4. Viabilidad técnica

Para abordar la viabilidad técnica de la fabricación de tableros con estopa de coco y resina de poliuretano, es necesario considerar diversos aspectos relacionados con los procesos de producción, las propiedades del material y la aplicabilidad del producto final. Aquí se detallan algunos puntos clave:

Tabla 3.19. Viabilidad técnica de la estopa de coco

Aspectos técnicos para la fabricación de tableros de estopa de coco
1. Procesos de fabricación: Se deben desarrollar y optimizar procesos de fabricación que permitan la adecuada mezcla de la estopa de coco con la resina de poliuretano, garantizando una distribución homogénea de los materiales y una adhesión óptima. Esto puede requerir la implementación de equipos y tecnologías específicas para la preparación de la mezcla, la compactación y el curado de los tableros.
2. Propiedades del material: Es importante realizar pruebas y análisis para evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los tableros fabricados con estopa de coco y resina de poliuretano. Esto incluye la resistencia a la flexión, la durabilidad, la estabilidad dimensional,

la resistencia a la humedad y la adherencia de la superficie. Se deben establecer estándares de calidad para garantizar que los tableros cumplan con los requisitos de las aplicaciones previstas.

3. Compatibilidad con procesos y aplicaciones existentes: Se debe evaluar la compatibilidad de los tableros de estopa de coco y resina de poliuretano con los procesos de fabricación y las aplicaciones existentes en la industria de la construcción y la fabricación de muebles. Esto incluye considerar aspectos como la facilidad de corte, el acabado superficial, la capacidad de adherencia de recubrimientos y la resistencia a la manipulación durante la instalación.

4. Factibilidad económica: Se debe realizar un análisis de costos para evaluar la viabilidad económica de la fabricación de tableros con estopa de coco y resina de poliuretano en comparación con los materiales convencionales. Esto implica considerar los costos de materias primas, equipos, mano de obra, transporte, almacenamiento y comercialización, así como el precio de mercado y la demanda potencial del producto final.

En resumen, la viabilidad técnica de la fabricación de tableros con estopa de coco y resina de poliuretano requiere el desarrollo y la optimización de procesos de producción adecuados, la evaluación de las propiedades del material, la compatibilidad con aplicaciones existentes y la factibilidad económica del proyecto. Es fundamental realizar un enfoque integral y multidisciplinario para garantizar el éxito de esta iniciativa.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

A continuación, fueron desarrolladas las conclusiones, considerando cada uno de los objetivos específicos estructurados previamente:

- Conforme al objetivo específico N°1, sobre los requisitos según la norma NTE INEN 3110: Los tableros fabricados con estopa de coco cumplen en su mayoría con los requisitos establecidos en la norma NTE INEN 3110 del Ecuador en cuanto a resistencia a la flexión, módulo de elasticidad y cohesión interna. Sin embargo, la hinchazón por humedad excede el límite especificado por la norma EN 323 complementaria de los parámetros integrados, lo que indica la necesidad de ajustes para mejorar esta propiedad.
- Respecto de la fabricación de tableros con estopa de coco, se logró demostrar la capacidad de fabricar tableros utilizando estopa de coco como material principal, siguiendo un proceso controlado y estandarizado. Los resultados de los ensayos muestran que es posible obtener tableros con propiedades físicas dentro de los rangos establecidos por las normas de referencia.
- Por último, los tres ensayos revelan una mejora gradual en las propiedades mecánicas y físicas del material compuesto a medida que se reduce la proporción de estopa de coco y se incrementa la de resina de poliuretano. Se observó un aumento en la resistencia a la flexión, con valores que van desde 1,60 N/mm² hasta 2,27 N/mm², así como en el módulo de elasticidad, que varía entre 0.179 N/mm² y 0.206 N/mm². Además, se registra una disminución en la hinchazón por humedad, oscilando entre el 3% y el 21%, y una mejora en la cohesión interna, con valores que van desde 7,01 N/mm² hasta 22,06 N/mm².

5.2. RECOMENDACIONES

Por último, fueron generadas recomendaciones, de acuerdo a cada uno de los objetivos estructurados, contemplando la mejora de futuros estudios, a continuación:

- Se recomienda realizar un estudio más detallado de los requisitos establecidos en la norma NTE INEN 3110 del Ecuador y la norma EN 323, con el fin de identificar áreas específicas que requieran ajustes para una mejor compatibilidad con el uso de la estopa de coco como material principal.
- Se sugiere explorar diferentes métodos de procesamiento y mezclado de la estopa de coco con la resina de poliuretano para mejorar la homogeneidad de la mezcla y reducir la variabilidad en las propiedades físicas de los tableros.
- Se sugiere investigar y desarrollar técnicas para generar mejores resultados respecto al índice de cohesión interna, dado que en el caso de la relación de estopa y resina de 70%-30%, se obtuvo un déficit de 19,65 N/mm², muy por debajo de los 1.800, recomendados por la norma NTE INEN 3110, debido al contenido de grasas en la fibra de coco, por lo que se recomienda mejorar la composición, así como la técnica para integrar y optimizar la compactación, en función de la cohesión interna

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] H. Castro, B. Romero, C. Vásquez y G. Arriola, «Influencia de la cáscara y fibra de coco en mezclas asfálticas en caliente,» *Ingeniería: ciencia, tecnología e innovación*, vol. 07, nº 02, pp. 176-190, 2020.
- [2] O. Chantong y S. Coello, «Estudio de caso residuos vegetales para la elaboración de tableros de aglomerado.,» 2023.
- [3] K. Pita y C. Domo, «Análisis paramétrico del cuero sintético elaborado con fibra de coco como sustituto del cuero animal en el Ecuador,» 2021.
- [4] K. Kubilla, Y. González, G. Montezuma y M. Samudio, «Fibra de coco y cáscara de plátano como alternativa para la elaboración de material biodegradable,» *Revista de Iniciación Científica*, vol. 05, nº 02, pp. 15-20, 2020.
- [5] M. Rivera, L. Jarquín, A. Obando y J. Araúz, «Fibra de coco como aditivo de mejoramiento en la elaboración de bloques,» *Nexo Revista Científica*, vol. 34, nº 06, pp. 1649-1657, 2021.
- [6] M. Pinargote, S. Ramírez y V. Obando, «Propiedades acústicas del aserrín y fibra de coco en un panel acústico para el interior de las edificaciones,» *Sinergia Académica*, vol. 04, nº 02, pp. 2-12, 2021.
- [7] M. Sánchez, G. Rodríguez y J. Patiño, «Influencia del tipo de fibras y del tratamiento superficial de las fibras en las propiedades físicas y mecánicas de compuestos reforzados con fibras vegetales,» *Ingeniería 28*, vol. 28, pp. 1-14, 2023.
- [8] J. Elías, A. Alcántara, J. Silva y M. Neciosup, «Reutilización de residuos agroindustriales, cáscara de espárrago (*Asparagus officinalis* L.) en la fabricación de fibras aglomeradas por buenas prácticas ambientales.: Reuse of agro-industrial waste, asparagus husk (*Asparagus officinalis* L.) In the manufac,» *SENDAS*, vol. 01, nº 03, p. 21, 2020.
- [9] R. Estela, Y. Carrasco, C. García y E. Contreras, «Comparación del poder calorífico de la fibra de coco con la madera del algarrobo (*Prosopis pallida*),» *Entorno*, nº 72, pp. 7-20, 2021.
- [10] M. Susunaga, V. Rodríguez, I. Gutierrez y J. Avila, «Evaluación de la resistencia al corte de un suelo con refuerzo de fibra de coco,» *Revista Contemporánea*, vol. 03, nº 10, pp. 19018-19040, 2023.

- [11] J. Espinoza, G. Amador, J. Navarro y K. Rodríguez, «Elaboración de Placas de Aislamiento Térmico a partir de Fibra de Coco,» *InterSedes*, pp. 31-50, 2022.
- [12] B. Flores y J. Simaluisa, «Proyecto de factibilidad para la fabricación de tableros aglomerados con estopa de Coco,» 2022.
- [13] Revista Líderes, «Carbón orgánico con conchas y estopa de coco,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.revistalideres.ec/lideres/carbon-organico-conchas-estopa-coco.html>.
- [14] M. Vaca, M. González y P. Vaca, «Characterization of the Physical Properties of the Coconut Fiber Residue With a View to its Agroindustrial Use,» *ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M.*, vol. 01, nº 01, p. 339–354, 2021.
- [15] J. Arias y M. Covinos, *Diseño y metodología de la investigación*, Editorial Enfoques Consulting EIRL, 2021.
- [16] R. Avello , D. Palmero, S. Sánchez y M. Quintana, «Validación de instrumentos como garantía de la credibilidad en las investigaciones científicas,» *Revista Cubana de Medicina Militar*, vol. 48, nº 1, pp. 441-450, 2019.
- [17] V. Díaz, *Metodología de la Investigación Científica y Bioestadística para Profesionales y Estudiantes de Ciencias de la Salud*, 1 ed., Editorial UEES, 2019.
- [18] L. Mucha, R. Chamorro, M. Oseda y R. Alania, «Evaluación de procedimientos empleados para determinar la población y muestra en trabajos de investigación de posgrado,» *Revista Desafíos*, vol. 12, nº 1, pp. 44-51, 2021.
- [19] Bricodepot, «Bricoinspiración - Depot a tu alcanza,» 21 12 2023. [En línea]. Available: <https://www.bricodepot.es/blog/tipos-de-tableros-de-madera/>.
- [20] N. Cohen, *Metodología de la investigación, ¿para qué?*, Teseo, 2019.
- [21] Servicio Ecuatoriano de Normalización, «NTE INEN 3110 Norma Técnica Ecuatoriana - Tableros de partículas. Requisitos.,» 04 07 2016. [En línea]. Available: <https://docplayer.es/60932671-Nte-inen-3110-norma-tecnica-ecuatoriana-tableros-de-particulas-requisitos-quito-ecuador-particleboards-requirements-13-paginas.html>.
- [22] B. Aguillón, «Diseño de tableros aglomerados sostenibles a base de residuos,» 2022.
- [23] Maderas Alemany, «Tableros Ramón Alemany,» 2023. [En línea]. Available: <https://maderasalemany.es/tableros/>.

- [24] Tinius Olsen, «Máquina de prueba universal 150SL,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.directindustry.es/prod/tinius-olsen/product-29300-127425.html>.
- [25] ASTM, «Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials,» 1992. [En línea]. Available: <https://www.studocu.com/ph/document/technological-university-of-the-philippines/bachelor-of-science-in-civil-engineering/astm-d1037-standards/7081469>.