



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE AGROINDUSTRIAL

Trabajo de Integración
Curricular previa la obtención
del Grado Académico de
Ingeniera Agroindustrial.

Proyecto de Investigación:

**“EVALUACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CÁSCARA DE CACAO (*Theobroma cacao*) Y CÁSCARA DE ARROZ (*Oryza sativa*) PARA LA FABRICACIÓN DE
TABLEROS DE PARTÍCULAS”**

Autora:

ALBA MAYERLI LABORDE CAICEDO

Director del proyecto de Investigación:

ING. JOSÉ VICENTE VILLARROEL BASTIDAS, MSC.

Quevedo – Los Ríos-Ecuador

2023



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESION DE DERECHOS

Yo, **ALBA MAYERLI LABORDE CAICEDO**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

ALBA MAYERLI LABORDE CAICEDO

C.I: 1208554517



CERTIFICADO DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ing. José Vicente Villarroel Bastidas MSc**, docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante, **Alba Mayerli Laborde Caicedo**, realizó el proyecto de Investigación de Grado titulado **“EVALUACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CÁSCARA DE CACAO (*Theobroma cacao*) Y CÁSCARA DE ARROZ (*Oryza sativa*) PARA LA FABRICACIÓN DE TABLEROS DE PARTÍCULAS”**, previo a la obtención del título de **Ingeniera Agroindustrial**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

José Vicente Villarroel Bastidas Firmado digitalmente por
José Vicente Villarroel Bastidas
Fecha: 2023.09.09 12:24:07 -05'00'

Ing. José Vicente Villarroel Bastidas, MSc,
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito, **Ing. José Vicente Villarroel Bastidas, MSc**, mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe de investigación cuyo tema es “EVALUACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CÁSCARA DE CACAO (*Theobroma cacao*) Y CÁSCARA DE ARROZ (*Oryza sativa*) PARA LA FABRICACIÓN DE TABLEROS DE PARTÍCULAS” presentado por la estudiante **Alba Mayerli Laborde Caicedo**, egresada de la carrera de Agroindustria, que fue revisado bajo mi dirección, según resolución del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Industria y Producción que ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimientos de análisis de URKUND el cuál avala niveles de originalidad de 92% y similitud 8% del trabajo investigativo. Valido este documento para que la estudiante siga con los trámites pertinentes, de acuerdo con lo que establece el Reglamento.

URKUND	
Dokument	"EVALUACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CÁSCARA DE CACAO (<i>Theobroma cacao</i>) Y CÁSCARA DE ARROZ (<i>Oryza sativa</i>) PARA LA FABRICACIÓN DE TABLEROS DE PARTÍCULAS".docx (D174133732)
Inskickat	2023-09-18 19:45 (-05:00)
Inskickad av	José Villarroel (jvillarroel@uteq.edu.ec)
Mottagare	jvillarroel.uteq@analysis.orkund.com
Meddelande	Visa hela meddelandet
	8% av det här c:a 36 sidor stora dokumentet består av text som också förekommer i 21 st källor.

José Vicente

Firmado digitalmente por

José Vicente Villarroel Bastidas

Villarroel Bastidas

Fecha: 2023.09.09 12:24:07 -05'00'

Ing. José Vicente Villarroel Bastidas, MSc,
DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“EVALUACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CÁSCARA DE CACAO (*Theobroma cacao*)
Y CÁSCARA DE ARROZ (*Oryza sativa*) PARA LA FABRICACIÓN DE TABLEROS DE
PARTÍCULAS”

Presentado al Consejo Directivo de Facultad como requisito previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial.

Aprobado por:

**WISTON
JAVIER
MORALES
RODRIGUEZ**

Firmado digitalmente por WISTON JAVIER MORALES RODRIGUEZ
Nombre de reconocimiento (DN):
c=EC, sn=MORALES RODRIGUEZ,
given Name=WISTON JAVIER,
serial Number=IDCEC-1712396595,
cn=WISTON JAVIER MORALES
RODRIGUEZ,
2.5.4.97=TIMEC-1712396595001 Fecha:
2023.11.10 13:44:13-05'00'

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL
(Ing. Winston Morales Rodríguez, MSc)

**DENISSE
MARGOTH
ZAMBRANO
MUNOZ**

Firmado digitalmente
por DENISSE MARGOTH
ZAMBRANO MUNOZ
Fecha: 2023.11.10
07:15:08 -05'00'

MIEMBRO DEL TRIBUNAL
((Ing. Denisse Zambrano Muñoz, MSc))

**DIEGO
ARMANDO
TUAREZ GARCIA**

Firmado digitalmente
por DIEGO ARMANDO
TUAREZ GARCIA
Fecha: 2023.11.10
08:32:49 -05'00'

MIEMBRO DEL TRIBUNAL
(Ing. Diego Tuarez García, MSc)

QUEVEDO – LOS RIOS – ECUADOR

2023

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por permitirme alcanzar con éxito este trabajo de grado, ya que con su amor infinito me brindó sabiduría, fuerza, constancia, fe y salud para atravesar momentos difíciles en los 5 años de carrera universitaria, sin duda fue mi sendero de luz para recorrer el camino correcto y alcanzar uno de mis grandes sueños como es tener mi título de tercer nivel.

Agradezco a mis Padres Sra. Sara Caicedo y Sr. Leonardo Laborde por criarme con valores y brindarme la educación con mucho sacrificio para tener una vida digna y prospera, muchas gracias a ustedes por apoyarme cuando más los he necesitado y darme esos consejos sabios que me motivan siempre a seguir con los propósitos de mi vida.

De igual manera agradezco a los docentes de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo quienes me impartieron sus conocimientos durante mi formación académica, especialmente al Ing. Antonio Mendoza y Ing. Ángel Cedeño por brindarme su mano amiga y tener siempre esa predisposición para ayudar a los demás, son personas que admiro y respeto de corazón.

A mi tutor de tesis Ing. José Villarroel Bastidas, quien con sus conocimientos y apoyo hicieron posible el desarrollo de mi proyecto de investigación. Y sin duda alguna al mi eterno agradecimiento al taller Industrial de la familia Tinoco por tener ese buen corazón y brindarme su mano amiga en el desarrollo experimental de mi proyecto de investigación.

Alba Mayerli Laborde Caicedo

DEDICATORIA

Le dedico el cumplimiento de este logro a Dios, mis padres, hermanos y en especial a mi alma gemela Luis Avilés por brindarme ese amor y motivación incondicional para alcanzar metas y anhelos de mi corazón, siempre orgullosa de tenerlos a mi lado.

A mis compañeros por el mutuo apoyo brindado y por todas las alegrías y momentos vividos en estos 5 años universitarios.

Alba Mayerli Laborde Caicedo

RESUMEN

El presente proyecto de investigación se realizó para que exista el aprovechamiento eficiente de residuos agroindustriales en la zona rural de la parroquia La Esperanza, siendo estos los residuos de la cáscara de cacao y cáscara de arroz para ser utilizado como materia prima en la fabricación de tableros de partículas, permitiendo disminuir la contaminación ambiental, el uso de materias primas tradicionales como la madera y la generación de un mayor ingreso económico en el sector agrícola del país. El objetivo fue evaluar los residuos de cáscara de cacao y cáscara de arroz mediante la composición físico-química y tamaño de partículas para la fabricación de tableros de partículas. Esta investigación fue de tipo experimental, con un diseño factorial A*B, siendo los factores estudiados: A (Mezcla del porcentaje de cáscara de cacao y cáscara de arroz), factor B (Grosor del tablero en unidad de mm,) correspondientes a 9 tratamientos con 3 réplicas, obteniendo un total de 27 unidades experimentales, los datos obtenidos se tabularon en el software estadístico “STATGRAPHICS” y se logró obtener el análisis de varianza (ANOVA), permitiendo establecer diferencia significativa entre los tratamientos que actuaron en base a las propiedades físico-mecánicas de los tableros, dando paso a las pruebas de Tukey ($p \leq 0.05$), en el software estadístico Infostat, obteniendo mejores resultados con (19,77 %) de humedad en la mezcla de 50 % Cáscara de cacao + 50 % cáscara de arroz con un grosor de 12 mm; densidad de (393,33 kg/m³) en la mezcla de 70 % Cáscara de cacao + 30 % cáscara de arroz con un grosor de 10 mm; en la variable hinchazón con un valor de (2,96 %), la adsorción de agua un valor de (107,97 %) y finalmente la tracción perpendicular del tablero con un valor de 0,01 kgf/cm² en la mezcla de (70 % cáscara de cacao + 30 % cáscara de arroz con un grosor de 12 mm). Resultados que se encuentran dentro de los parámetros permitidos según las normas DIN 68763, UNE - EN 312:2010. Y se determinó que el costo de producción por metro cuadrado fue de \$240,90 y \$9 dólares la unidad.

Palabras clave: Evaluar, Residuos, Cáscara de cacao, Cáscara de arroz, Fabricación, Tableros de partículas.

ASBTRACT

This research project was carried out so that there is efficient use of agro-industrial waste in the rural area of the La Esperanza parish, these being the waste of cocoa shell and rice shell to be used as raw material in the manufacture of boards. of particles, allowing the reduction of environmental pollution, the use of traditional raw materials such as wood and the generation of greater economic income in the country's agricultural sector. The objective was to evaluate the waste of cocoa shell and rice shell through the physical-chemical composition, particle size, that it does not easily absorb moisture and is compatible with the adhesive for the manufacture of particle boards. This research was experimental, with an A*B factorial design, the factors studied being: A (Mixture of the percentage of cocoa shell and rice shell), factor B (Thickness of the board in unit of mm,) corresponding to 9 treatments with 3 replicates, obtaining a total of 27 experimental units, the data obtained were tabulated in the statistical software "STATGRAPHICS" and the analysis of variance (ANOVA) was obtained, allowing a significant difference to be established between the treatments that acted based on the physical-mechanical properties of the boards, giving way to the Tukey tests ($p \leq 0.05$), in the Infostat statistical software, the best results being with a value of (19.77%) humidity in the mixture of 50% Shell cocoa + 50% rice husk with a thickness of 12 mm; density of (393.33 kg/m³) in the mixture of 70% Cocoa shell + 30% rice shell with a thickness of 10 mm; in the swelling variable with a value of (2.96%), the water adsorption with a value of (107.97%) and finally the perpendicular traction of the board with a value of 0.01 kgf/cm² in the mixture of (70% cocoa shell + 30% rice shell with a thickness of 12 mm). Results that are within the parameters allowed according to DIN 68763, UNE - EN 312:2010 standards. And it was determined that the production cost per square meter was \$240.90 and \$9 dollars per unit.

Keywords: Evaluate, Waste, Cocoa shell, Rice husk, Manufacturing, Particle boards.

TABLA DE CONTENIDO

<i>DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESION DE DERECHOS</i>	<i>ii</i>
<i>CERTIFICADO DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN</i>	<i>iii</i>
<i>CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO</i>	<i>iv</i>
<i>PROYECTO DE INVESTIGACIÓN</i>	<i>v</i>
<i>AGRADECIMIENTO</i>	<i>vi</i>
<i>DEDICATORIA</i>	<i>vii</i>
<i>RESUMEN</i>	<i>viii</i>
<i>ASBTRACT</i>	<i>ix</i>
<i>TABLA DE CONTENIDO</i>	<i>x</i>
<i>ÍNDICE DE TABLAS</i>	<i>xiv</i>
<i>ÍNDICE DE FIGURAS</i>	<i>xvi</i>
<i>ÍNDICE DE ECUACIONES</i>	<i>xvii</i>
<i>ÍNDICE DE ANEXOS</i>	<i>xviii</i>
<i>CÓDIGO DUBLÍG</i>	<i>xix</i>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	<i>1</i>
<i>CAPÍTULO I</i>	<i>2</i>
<i>CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</i>	<i>2</i>
1.1. Problema de Investigación	3
1.1.1.Planteamiento del Problema.....	3
1.1.2.Formulación del problema	4
1.1.3.Sistematización del Problema	4
1.2. Objetivos	5
1.2.1.Objetivo general.....	5
1.2.2.Objetivos específicos	5

1.3. Justificación.....	5
<i>CAPÍTULO II.....</i>	7
<i>FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....</i>	7
2.1. Marco Conceptual.....	8
2.1.1.Los Residuos.....	8
2.1.2. Cacao (Theobroma cacao).....	8
2.1.3. Cáscara de cacao	8
2.1.3.1. Composición de la cáscara de cacao.....	8
2.1.4.Cáscara de arroz (Oryza sativa)	9
2.1.4.1. Propiedades y composición de la cáscara de arroz.	10
2.1.5.1. Las Propiedades de la madera son las siguientes:.....	12
2.1.6.Tableros de Partículas	12
2.1.6.1. Clasificación de los tableros de partículas.	12
2.1.6.2. Propiedades físico-mecánicas de los tableros de partículas.....	13
2.1.7.Sistema de prensado para tableros	14
2.1.7.1. Prensas.	14
2.1.7.2. Clasificación de las Prensas.	15
2.1.7.3. Componentes generales de una prensa hidráulica.....	16
2.1.7.4. Procedimiento para utilizar una prensa hidráulica.	16
2.1.8.Sistemas de secado para tableros	16
2.1.9.Sistema de secado para la madera.....	17
2.1.10. Tipos de gomas para tableros de aglomerados	17
1.1.10.1. Adhesivos con lignina.....	17
1.1.10.2.Resina Urea-Formaldehído UF.....	18
2.1.10.3. Disma Blancola.....	18
1.1.11. Dimensiones de los tableros de partículas	18
1.1.12. Aplicaciones de los Tableros	18
1.1.13. Diferentes análisis que se le realizan a los tableros de acuerdo a las normas que se mencionan	19
1.1.13.2.Determinación del contenido de humedad.	19
1.1.13.3.Determinación de la Densidad.....	20

1.1.13.4.Determinación de la hinchazón y de la absorción de agua por sumersión total.....	20
1.1.13.5.Determinación de la resistencia a la tracción perpendicular a las caras de los tableros.....	22
1.1.14. Método del tamaño de partículas.....	23
1.1.15. Método de Costos de Producción.....	23
1.2. Marco Referencial.....	23
2.2.1. Investigaciones referenciales en el proceso de fabricación de tableros de partículas	23
<i>CAPÍTULO III.....</i>	<i>26</i>
<i>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</i>	<i>26</i>
3.1. Localización de estudio.....	27
3.2. Tipo de Investigación.....	27
3.3. Métodos de Investigación	27
3.3.1.Inductivo	27
3.3.2. Deductivo	27
3.3.3. Analítico	27
3.4. Fuentes de recopilación de información	28
3.5. Diseño de la investigación.....	28
3.5.1.Factores de estudio.....	29
3.5.2.Esquema del ANOVA	29
3.6. Instrumentos de medición	30
3.6.1. Variables a medirse.....	30
3.6.1.1. Propiedades Físico-Mecánicas.....	30
3.6.1.2. Determinación del contenido de humedad en porcentaje	30
3.6.1.3. Determinación de la Densidad	31
3.6.1.4. Determinación de la hinchazón y de la absorción de agua por sumersión total de las piezas de los tableros de partículas.....	32
3.6.1.5. Determinación de la resistencia a la tracción perpendicular a las caras.	33
3.6.1.6. Grosor.....	35

3.6.2. Determinación del tamaño de partículas por el método de tamizado	35
3.6.3. Materia prima utilizada en la fabricación de tableros de partículas.....	36
3.6.3.1. Descripción del proceso de fabricación de tableros de partículas.	36
3.7. Tratamiento de los datos	39
3.8. Recursos humanos y materiales.....	39
3.8.1. Método de Costo total de Producción.....	40
3.8.1.1. Cálculo del costo total de producción.....	41
<i>CAPÍTULO IV</i>	<i>42</i>
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</i>	<i>42</i>
4.1. Resultados.....	43
4.1.1. Resultados del análisis de varianza de las propiedades físico-mecánicas	43
4.1.2. Resultados de la prueba de significación (Tukey $p \leq 0,05$) con respecto a los factores de estudio en los análisis físico-mecánicos de los tableros de partículas.....	44
4.2. Resultados del tamaño de partículas de la cáscara de cacao y cáscara de arroz por el método de tamizado	62
4.3. Resultados de la evaluación de los residuos de cáscara de cacao y cáscara de arroz	64
4.4. Resultados obtenidos del costo total de producción de los tableros de partículas en base al tercer objetivo.....	65
<i>CAPÍTULO V.....</i>	<i>67</i>
<i>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</i>	<i>67</i>
5.1. Conclusiones	68
5.2. Recomendaciones	70
<i>CAPÍTULO VI.....</i>	<i>71</i>
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	<i>71</i>
<i>CAPÍTULO VII</i>	<i>78</i>
<i>ANEXOS</i>	<i>78</i>

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis proximal de ambas variedades de cáscara de cacao	9
Tabla 2. Composición Química de la cáscara de cacao	9
Tabla 3. Composición química de la cáscara de arroz	10
Tabla 4. Análisis Químico de la composición de la cáscara de arroz	11
Tabla 5. Descripción de las formulaciones del estudio para el primer objetivo	28
Tabla 6. Descripción de los factores de estudio (A * B) para el primer objetivo	29
Tabla 7. Esquema del análisis de varianza (A*B) para las variables del estudio	29
Tabla 8. Recursos humanos, materia prima, reactivos, equipos y varios materiales para la elaboración del proyecto de investigación.....	39
Tabla 9. Análisis de Varianza del porcentaje de humedad en los tableros de partículas	43
Tabla 10. Resultados de la diferencia de medias del porcentaje de humedad en la elaboración de tableros de partículas con respecto al factor A (tipo de mezcla).....	44
Tabla 11. Resultados de la diferencia de medias del porcentaje de humedad en la elaboración de tableros de partículas con respecto al factor B (tipo de grosor).....	44
Tabla 12. Resultados de la diferencia de medias del porcentaje de humedad en la elaboración de tableros de partículas con respecto a la interacción de los factores A*B (Mezclas de residuos * Grosos)	45
Tabla 13. Análisis de varianza de la densidad en los tableros de partículas.....	47
Tabla 14. Prueba de tukey de las medias de la variable densidad en la elaboración de tableros de partículas con respecto al Factor A (tipos de mezclas)	48
Tabla 15. Prueba de tukey de las medias de la variable densidad en la elaboración de tableros de partículas con respecto al factor B (tipo de grosor)	48
Tabla 16. Resultados de diferencia de medias de la densidad de los tableros de partículas con respecto a la interacción de los factores A*B (Mezclas de residuos * Grosos)	49
Tabla 17. Análisis de varianza para hinchazón del tablero de partículas.....	51
Tabla 18. Prueba de tukey de la diferencia de medias en la variable hinchazón de los tableros de partículas con respecto al factor A (tipos de mezclas)	52
Tabla 19. Prueba de tukey de la diferencia de medias en la variable hinchazón de los tableros de partículas con respecto al Factor B (tipo de grosor)	52

Tabla 20. Resultados de la diferencia de medias en la variable hinchazón de los tableros de partículas con respecto a la interacción de los factores A*B (Mezclas de residuos * Grososres)	53
Tabla 21. Análisis de varianza de la Absorción de agua en los tableros de partículas	55
Tabla 22. Prueba de tukey de la diferencia de medias en la variable la Absorción de agua por sumersión total de las piezas de los tableros de partículas con respecto al Factor A (tipos de mezclas)	56
Tabla 23. Prueba de tukey de la diferencia de medias en la variable Absorción de agua por sumersión total de las piezas de los tableros de partículas con respecto al Factor B (tipo de grosor)	56
Tabla 24. Resultados de la diferencia de medias en la variable Absorción de agua por sumersión total de las piezas de los tableros de partículas con respecto a la interacción de los factores A*B (Mezclas de residuos * Grososres)	57
Tabla 25. Análisis de varianza de la Resistencia a la tracción perpendicular a las caras de los tableros de partículas	59
Tabla 26. Prueba de tukey de la diferencia de medias en la variable Resistencia a la tracción perpendicular a las caras de los tableros de partículas con respecto al Factor A (tipos de mezclas)	60
Tabla 27. Prueba de tukey de la diferencia de medias en la variable de resistencia a la tracción perpendicular a las caras de los tableros de partículas con respecto al Factor B (tipo de grosor)	60
Tabla 28. Resultados de diferencia de medias respecto a la resistencia a la tracción perpendicular a las caras de los tableros de partículas con respecto a la interacción de los factores A*B (Mezclas de residuos * Grososres)	61
Tabla 29. Resultados del porcentaje de la masa retenida en el tamiz de cuerdo a la evaluación del tamaño de partículas de la cáscara de cacao para la fabricación de los tableros.	62
Tabla 30. Resultado del porcentaje de la masa retenida en el tamiz de cuerdo a la evaluación del tamaño de partículas de la cáscara de arroz para la fabricación de los tableros	63
Tabla 31. Resultados de la evaluación comparativa de las composiciones principales de los residuos de cáscara de cacao, cáscara de arroz y la madera	64
Tabla 32. Resultados del costo total de producción de los tableros de partícula por metro cuadrado.	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de tableros de partículas a base de cáscara de cacao y cáscara de arroz.....	38
Figura 2. Resultados de la diferencia de medias del porcentaje de humedad en la elaboración de tableros de partículas con respecto al factor B (Tipo de grosor)	45
Figura 3. <i>Resultados de la diferencia de medias del porcentaje de humedad, con respecto a la interacción de los factores A*B (Mezclas de residuos * Grosos) con la prueba de significación Tukey</i>	<i>46</i>
Figura 4. Diferencia de medias en la variable densidad en la elaboración de tableros de partículas con respecto al factor B (tipo de grosor).....	49
Figura 5. Resultados de la diferencia de medias en la densidad obtenida de los tableros de partículas con respecto a la interacción de los factores A*B (Mezclas de residuos * Grosos)	50
Figura 6. <i>Resultados de la diferencia de medias del porcentaje de humedad en la elaboración de tableros de partículas con respecto a la interacción de los factores A*B (Mezclas de residuos * Grosos)</i>	<i>53</i>
Figura 7. <i>Resultados de la diferencia de medias de la variable hinchazón de los tableros de partículas con respecto al interacción A*B (Mezcla de residuos * Tipo de grosor).....</i>	<i>54</i>
Figura 8. <i>Prueba de tukey de la diferencia de medias en la variable la Absorción de agua por sumersión total de las piezas de los tableros de partículas con respecto al Factor B (tipo de grosor).....</i>	<i>57</i>
Figura 9. <i>Resultados de la diferencia de medias en la variable Absorción de agua por sumersión total de la pieza de los tableros con respecto a la interacción de los factores A*B (Mezclas deresiduos * Grosos)</i>	<i>59</i>

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Formula para determinar el contenido de humedad en porcentaje	30
Ecuación 2. Fórmula para determinar la densidad de los tableros de partículas	31
Ecuación 3. Formula para determinar la hinchazón de los tableros de partículas	32
Ecuación 4. Formula para determinar la absorción de agua por sumersión total de los tableros de partículas.....	33
Ecuación 5. Fórmula para determinar resistencia a la tracción perpendicular a las caras de los tableros de partículas.....	34
Ecuación 6. Formula para determinar el tamaño de partículas molidas de cáscara de cacao y cáscara de arroz	35

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Fabricación de los tableros de partículas a partir de residuos de (Cáscara de arroz y cáscara de cacao)	79
Anexo 2. Determinación de las propiedades físicos-mecánicas de los tableros de partícula	83
Anexo 3. Determinación de porcentaje de humedad en los tableros de partículas	84
Anexo 4. Determinación de la densidad de los tableros de partículas	85
Anexo 5. Determinación de Hinchazón y absorción de agua en los tableros de partículas	86
Anexo 6. Determinación de la resistencia a la tracción de los tableros de partículas	87
Anexo 7. Determinación del tamaño de partículas de las de cáscaras molida de cacao y arroz	88
Anexo 8. Balance de materia del proceso de fabricación de los tableros	89

CÓDIGO DUBLÍG

Título:	“EVALUACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CÁSCARA DE CACAO (<i>Theobroma cacao</i>) Y CÁSCARA DE ARROZ (<i>Oryza sativa</i>) PARA LA FABRICACIÓN DE TABLEROS DE PARTÍCULAS”			
Autora:	Laborde Caicedo Alba Mayerli			
Palabras clave:	Evaluar	Residuos	Fabricación	Tableros de partículas
Fecha de publicación:	Noviembre, 2023			
Editorial:	Quevedo: UTEQ “La María”, 2023.			
Resumen:	El presente proyecto de investigación se realizó para que exista el aprovechamiento eficiente de residuos agroindustriales en la zona rural de la parroquia La Esperanza, permitiendo disminuir la contaminación ambiental, el uso de materias primas tradicionales como la madera y la generación de un mayor ingreso económico en el sector agrícola del país. El objetivo fue evaluar los residuos de cáscara de cacao y cáscara de arroz mediante la composición físico-química y tamaño de partículas para la fabricación de tableros de partículas. Esta investigación fue de tipo experimental, con un diseño factorial A*B, siendo los factores estudiados: A (Mezcla del porcentaje de cáscara de cacao y cáscara de arroz), factor B (Grosor del tablero en unidad de mm,) correspondientes a 9 tratamientos con 3 réplicas, obteniendo un total de 27 unidades experimentales, los datos obtenidos se tabularon en el software estadístico “STATGRAPHICS” y se logró obtener el análisis de varianza (ANOVA), permitiendo establecer diferencia significativa entre los tratamientos que actuaron en base a las propiedades físico-mecánicas de los tableros, dando paso a las pruebas de Tukey ($p \leq 0.05$), en el software estadístico Infostat, obteniendo mejores resultados con (19,77 %) de humedad en la mezcla de 50 % Cáscara de cacao + 50 % cáscara de arroz con un grosor de 12 mm; densidad de (393,33 kg/m³) en la mezcla de 70 % Cáscara de cacao + 30 % cáscara de arroz con un grosor de 10 mm; en la variable hinchazón con un valor de (2,96 %), la adsorción de agua un valor de (107,97 %) y finalmente la tracción perpendicular del tablero con un valor de 0,01 kgf/cm² en la mezcla de (70 % cáscara de cacao + 30 % cáscara de arroz con un grosor de 12 mm). Resultados que se encuentran dentro de los parámetros permitidos según las normas DIN 68763, UNE - EN 312:2010. Y se determinó que el costo de producción de los tableros por metro cuadrado fue de \$240,90 y \$9 dólares la unidad.			
Asbtract:	This research project was carried out so that there is efficient use of agro-industrial waste in the rural area of the La Esperanza parish, allowing for the reduction of environmental pollution, the use of traditional raw materials such as wood and the generation of greater economic income in the country's agricultural sector. The objective was to evaluate cocoa shell and rice shell waste through the physical-chemical composition and particle size for the manufacture of particle boards. This research was experimental, with an A*B factorial design, the factors studied being: A (Mixture of the percentage of cocoa shell and rice shell), factor B (Thickness of the board in unit of mm,) corresponding to 9 treatments with 3 replicates, obtaining a total of 27 experimental units, the data obtained were tabulated in the statistical software "STATGRAPHICS" and the analysis of variance (ANOVA) was obtained, allowing a significant difference to be established between the treatments that acted based on the physical-mechanical properties of the boards, giving way to the Tukey tests ($p \leq 0.05$), in the Infostat statistical software, obtaining better results with (19.77%) humidity in the mixture of 50% Cocoa shell + 50 % rice husk with a thickness of 12 mm; density of (393.33 kg/m³) in the mixture of 70% Cocoa shell + 30% rice shell with a thickness of 10 mm; in the swelling variable with a value of (2.96%), the water adsorption with a value of (107.97%) and finally the perpendicular traction of the board with a value of 0.01 kgf/cm² in the mixture of (70% cocoa shell + 30% rice shell with a thickness of 12 mm). Results that are within the parameters allowed according to DIN 68763, UNE - EN 312:2010 standards. And it was determined that the production cost of the boards per square meter was \$240.90 and \$9 dollars per unit.			
Descripción	109 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD ROM 6162			
URL:				

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó para que exista el aprovechamiento eficiente de residuos agroindustriales como la cáscara de cacao y cáscara de arroz en la fabricación de tableros de partículas, ya que existe un censo bien alto de los residuos en la producción de estas materias en la zona rural de la parroquia La Esperanza.

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en conjunto con el Ministerio de Agricultura y Ganadería, menciona que el cultivo de arroz está localizado casi en su totalidad en Las provincias del Guayas y Los Ríos sumaron el 95.6 % de la superficie total cosechada, siendo el cultivo de arroz el cuarto con mayor producción al nivel del Ecuador, cosechando alrededor de 1.6 millones de toneladas por año que generan alrededor del 20 % de cáscara (Cuichán et al., 2020). En la explotación cacaotera sólo se aprovecha económicamente la semilla que representa aproximadamente un 10 % de la masa del fruto fresco, subproductos generados, la cáscara y la pulpa, cuando se depositan en los suelos, se consideran un foco para la propagación de un hongo del género (*Phytophthora spp*), el cual es el causante principal de pérdidas económicas de la actividad cacaotera (Franco et al., 2010).

Estos residuos agroindustriales remplazan la demanda de materiales compuestos, fabricados a partir de residuos madereros que incrementan a gran medida los últimos años, tanto así que la población del mundo consume actualmente más de 3.5 millones de toneladas de madera verde al año, lo que podría aumentar la tasa de deforestación, propiciando el agotamiento de algunas especies forestales de bosque natural (Zambrano et al., 2013).

El trabajo consistió en: Evaluar los residuos de cáscara de cacao y cáscara de arroz, mediante la composición físico-química, tamaño de partículas, que no absorba con facilidad la humedad, para la fabricación de tableros de partículas, utilizando un diseño experimental, factorial (A x B), para establecer las concentraciones en porcentajes de residuos, con diferentes grosores en unidad de milímetros para la fabricación de tableros de partículas. A la vez se analizaron las propiedades físico-mecánicas en los tableros, identificando así el grosor más idóneo para tableros. Por último, se utilizó la metodología de costos directo para determinar el costo total de producción de los tableros de partículas por metro cuadrado

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de Investigación

1.1.1. Planteamiento del Problema

El cultivo de arroz está localizado casi en su totalidad en la Región Costa. Las provincias de Guayas y Los Ríos sumaron el 89.4% de la superficie total cosechada, esta producción de arroz fue de 1.3 millones de toneladas con una variación interanual positiva del 18.2%. Así mismo el 52% de la producción de cacao en el año 2021 fue abarcado por las provincias de Los Ríos (28%) y Guayas (24%). Tanto así que la superficie cosechada de cacao en los Ríos fue de 117,930 hectáreas y en el Guayas 101,949. hectáreas. (INEC, 2021). Por consiguiente, la acumulación de estos residuos sólidos en el Ecuador que asciende a 6.000 kg por día, los mismos que se retiran en grandes cantidades para no interferir en el proceso de producción, hasta ahora no se registra que exista un aprovechamiento eficiente de los residuos generados en procesos agroindustriales, como los provenientes de pérdidas en postcosecha.

En la zona rural de la Parroquia La Esperanza, existen 4 piladoras de arroz y dentro de los residuos que salen tienen un promedio del (80 %) de cáscara de arroz acumulados en quítales por sacos. Estas piladoras suelen vender muy poco este residuo, ya que es utilizado en la transformación alimentaria para animales, utilización de abono para suelos entre otros, pero gran cantidad es quemada o desechada en esta zona.

De igual manera en las 80 hectáreas de cultivo de cacao, en la zona de la Esperanza, dentro de este cultivo se desecha cerca de un (90%) de la mazorca de cacao, que directamente a veces es utilizado como forrajeros tropicales en la alimentación de bovinos o fertilización de plantas y como materia prima para biodigestores. Residuo que también es desechado o quemado por los agricultores causando contaminación al ambiente y enfermedades de los suelos que afectan a los cultivos.

Otra problemática que afrontamos hoy en día es la tala de árboles en los campos, por los múltiples usos que tiene la madera, provocando a la larga deforestación y falta de oxígeno para el ambiente, y la inexistencia de un refugio para los animales exóticos, aves, que viven en las alturas de estos.

Para la evaluación de los residuos de (cáscara de cacao y cáscara de arroz) surgen una serie de problemas, como la formulación, debido a que existen bibliografías con temas similares empleando el uso de otras materias primas, pero no detalla información veraz con respecto a la cantidad de materia prima utilizada, de igual manera el desconocimiento de alternativas

tecnológicas que no permite la utilización de estos residuos agrícolas y por último, al no conocer las propiedades físico-mecánicas que tendrían los tableros de partículas a partir de estos residuos, lo que implica establecer adecuadas temperaturas y tiempos de prensado, de igual manera en el secado final de tableros, motivos por los cuales se produce un bajo índice de innovación que no permite la reutilización de los residuos agroindustriales de manera efectiva. Y una estrategia para generar valor con estos residuos en la fabricación de este nuevo producto es considerar aspectos como época del año en la que se producen, cantidades producidas, áreas geográficas de generación, relación con las zonas de mayor consumo y costo por concepto de transporte.

Diagnóstico

Actualmente en la Parroquia La Esperanza-Quevedo, existe una proporción considerable de pequeños y medianos productores de arroz y cacao, de los cuales, en su proceso de cosecha y postcosecha, se genera una gran cantidad de biomasa residual de estos productos, afectando al medio ambiente tanto al aire, como al suelo, provocando a la larga, enfermedades para los cultivos, disminución del pH en el suelo, entre otras. Estos residuos orgánicos indican el grado de ineficiencia de los procesos de desarrollo y crecimiento del hombre y de sus hábitos de consumo que son insostenibles.

Pronóstico

En la fabricación de los tableros de partículas a partir de los residuos de cáscara de arroz y cáscara de cacao con grosores de 8 mm, 10 mm, o hasta 12 mm, estos residuos al ser evaluados dan como resultados propiedades físico mecánicas muy bajas, debido a que a el proceso de fabricación no es industrial, por lo tanto, existirían defectos para fines de construcción, es decir, utilización podría ser para más bien para bienes interiores de ambiente seco. Por ello sería importante que se haga se realice un estudio a profundidad sobre las medidas y proceso de fabricación con este tipo de residuos. Formulación del problema.

1.1.2. Formulación del problema

¿Cuáles serán las características físico-mecánicas de los tableros de partículas a partir de los residuos de cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) y cáscara de arroz (*Oryza sativa*)?

1.1.3. Sistematización del Problema

¿Cuáles serán las concentraciones adecuadas de residuos de cáscara de cacao y cáscara de arroz en la fabricación de los tableros de partículas?

¿Qué grosor de los tableros será el idóneo para obtener excelentes propiedades físico-mecánicas específicas en los tableros de partículas?

¿Cuál será el costo total de producción de los tableros de partículas por metro cuadrado?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Evaluar los residuos de cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) y cáscara de arroz (*Oryza sativa*) para la fabricación de tableros de partículas.

1.2.2. Objetivos específicos

- Establecer las concentraciones de residuos de cáscara de cacao y cáscara de arroz, para la fabricación de los tableros de partículas.
- Identificar el grosor más idóneo entre (8 mm – 10 mm – 12 mm) para obtener excelentes propiedades físico-mecánicas específicas en los tableros de partículas.
- Determinar el costo total de producción de los tableros de partículas por metro cuadrado.

1.3. Justificación

La práctica habitual de las piladoras de arroz, consistía en que una vez obtenido el grano su desecho era acumulado en un terreno vacío para dar inicio a la quema del mismo, este procedimiento afectaba al medio ambiente tanto al aire como al suelo, de igual manera al cosechar el cacao, la cáscara es desechada por montón provocando a la larga, enfermedades para los cultivos, disminución del ph en el suelo, entre otras, estos problemas provocados por los residuos orgánicos indican el grado de ineficiencia de los procesos de desarrollo y crecimiento del hombre y de sus hábitos de consumo que son insostenibles (Chumo & González, 2017).

Dando solución a estos problemas y con la importancia de poder innovar en el mercado y desarrollar productos sustitutos de aglomerados de madera, este proyecto de investigación tiene como finalidad el aprovechamiento eficiente de los residuos agroindustriales como la cáscara de cacao y cáscara de arroz, para ser utilizado como materia prima en la fabricación de tableros de partículas sostenible ambientalmente, es decir, como una alternativa limpia que disminuya la contaminación ambiental, el uso en las industrias de las materias primas tradicionales como la madera de gran impacto ambiental y a la vez darle un alto valor

agregado, representado en: La generación de un mayor ingreso económico en el sector agrícola, beneficiando a los cultivadores las materias de cacao y arroz de la zona rural de la parroquia “La Esperanza”.

Según (Souza, 2012) la cáscara de arroz tiene los mismos componentes que la madera, pero en diferentes proporciones, por lo que es esperable que se comporte de manera similar en la producción de tableros (composición aproximada: 25 - 35 % celulosa, 8 - 21 % hemicelulosa, 26 - 31 % lignina, 15 - 17 % sílice amorfa y ceras y 2 - 5 % de otras sustancias solubles, además su tamaño pequeño y relativamente constante (5 - 11 mm) evita las etapas de molienda y clasificación.

En un estudio de las propiedades físico-químicas de la cáscara de cacao, variedad CCN 51, arrojaron valores en mayor proporción de lignina, seguido de celulosa y hemicelulosa, indicando que este residuo es una alternativa viable de materia prima a partir de fuentes renovables del sector agrícola, para la fabricación de tableros aglomerados con aplicaciones industriales (Díaz et al., 2022).

Por ello, para la fabricación de este tipo de tableros a base de pequeñas partículas unidas con un adhesivo, es importante que se realice una evaluación de los residuos a utilizar, en que contengan una composición físico-química aceptable, mantener un tamaño geométrico uniforme, que no absorba con facilidad la humedad, que no exista algún tipo de reacción química, ser compatible con los diferentes tipos de adhesivos y poseer un alto contenido de fibra. Para la realización de este proyecto se seguirá las normas (NTE INEN 3110, DIN 68763, UNE - EN 312:2010 se trabajará con diferentes rangos de grosor (nominal en mm) y parámetros establecidos de propiedades físico-mecánicas en la fabricación de los tableros de partículas.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Conceptual

2.1.1. Los Residuos

Los residuos son como los derivados de actividades de producción y consumo que no han alcanzado ningún valor económico, es decir, es algo que siendo parte de un proceso productivo o no, puede eventualmente tener una utilización potencial que no está siendo aprovechada (Tapia, 2009).

2.1.2. Cacao (*Theobroma cacao*)

Theobroma cacao, que pertenece a la familia Sterculia, contiene más o menos veinte especies adicionales, todas nativas de América tropical, su árbol de tamaño mediano (5 - 8 m) aunque puede alcanzar alturas de hasta 20 m cuando crece libremente bajo sombra intensa, la pulpa mucilaginoso está compuesta por células de savia ricas en azúcares (10 – 13 %), sales (8 – 10 %), pentosas (2 – 3 %) y ácido cítrico (1 – 2 %), su corona es densa, redondeada y con un diámetro de 7 a 9 m, su tronco recto que se puede desarrollar en formas muy variadas, según las condiciones ambientales y las semillas del cacao están rodeadas por una pulpa aromática o tegumento (Pollard et al., 2009).

2.1.3. Cáscara de cacao

En la etapa de extracción de cacao se generan residuos como la cáscara o también denominada vaina o corteza que puede representar del 52 % al 70 % de peso en húmedo de la fruta, tienen un valor de calentamiento de 17 a 22 MJ / Kg⁻¹ su valor porcentual en peso es lignina 35 %, celulosa 30 % y hemicelulosa 10 % y el porcentaje restante corresponde a extractos, así mismo, se debe destacar que las cenizas de la cáscara tienen un alto contenido de óxido de potasio que oscila entre 57.1 % y 61.4 %, lo que permite que los residuos puedan ser utilizados como fertilizantes o aprovechados mediante procesos termoquímicos como gasificación (Delgado, 2018).

2.1.3.1. Composición de la cáscara de cacao

Las cáscaras de mazorca de cacao tienen un alto porcentaje de humedad, representando este un 85 %, el contenido de proteínas representa en 1.07 %, los minerales presentes en la corteza de cacao representan 1.41 %, el contenido de grasa que posee es de 0.02 %, la fibra presente en el mismo representa 5.45 %, el 34 contenido de carbohidratos es de 7.05 %, el contenido de nitrógeno es de 0.171 %, el fósforo representa un 0.026 %, el porcentaje de potasio

presente en la corteza cacao es de 0.545 % y el contenido de pectina representa un 0.89 % (González, 2020).

Tabla 1.

Análisis proximal de ambas variedades de cáscara de cacao

Parámetros	Nacionalidad	CCN-51
	Media/ DS	Media/ DS
Humedad (%)	8,74 / 0,05	6,43 / 0,05
Cenizas (%)	5,14 / 0,02	5,54 / 0,11
Fibra dietética (%)	41,96 / 0,85	40,14 / 0,23
Grasa (%)	2,25 / 0,18	1,56 / 0,27
Proteínas (%)	8,75 / 0,49	8,48 / 0,59
Carbohidratos (%)	35,24 / 0,11	26, 38 / 0,13
Acidez (%)	0,14 / 0,05	0,11 / 0,02

Fuente: (Vivanco et al., 2017)

Tabla 2.

Composición Química de la cáscara de cacao

Composiciones Química (% P/P)	Promedio
Lignina	43,6
Celulosa	34,3
Hemicelulosa	11,75
Extraíbles	2,43
Solubilidad Naoh	47,51
Cenizas	1,11

Fuente: (Díaz et al., 2022).

2.1.4. Cáscara de arroz (*Oryza sativa*)

La cáscara de arroz es un subproducto generado del proceso de molienda del grano de arroz proveniente de los campos de cultivo, esta se encuentra en la parte exterior del grano de arroz

maduro compuesta por dos glumas denominadas palea y lemma, unidas por dos pericarpios, localizada entre la cáscara y el endospermo, representa todos los pulimentos que se desprenden del grano después de eliminar la cáscara hasta que el grano queda listo para el mercadeo (Alvarado et al., 2013). La puntilla de arroz son granos quebrados de arroz pulido, que contiene además entre 6 y 20 % de partículas de color oscuro, que en su mayoría son granos dañados por el efecto de proceso, fermentación y por la acción de hongos (Alvarado et al., 2013).

2.1.4.1. Propiedades y composición de la cáscara de arroz.

La cáscara de arroz tiene una superficie rugosa y presenta un color amarillento, su longitud se encuentra entre 8 mm, 10 mm de largo y de 1 a 2 mm de ancho, esta longitud puede variar según los tipos de granos; de acuerdo a su tamaño la cáscara de arroz puede pesar entre 2.5 a 4.8 mg, este producto por sus características presenta beneficios y propiedades útiles y resistentes para la fabricación de productos alternativos tales como muebles de cocina, marco de puertas, ventanas, entre otros (Jeklin, 2016).

Tabla 3.

Composición química de la cáscara de arroz

CASCARILLA DE ARROZ		CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	
Componente	%	Componente	%
Carbono	39,1	Ceniza de Silicio (SiO ₂)	94,1
Hidrógeno	5,2	Oxido de magnesio (MgO)	0,55
Oxígeno	0,6	Oxido de Potasio (K ₂ O)	0,95
Azufre	37,2	Oxido de Sodio (Na ₂ O)	2,10
Cenizas	17,8	Sulfato	0,06
		Cloro	0,05
		Oxido de titanio (TiO ₂)	0,05
		Oxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	0,12
		Otros componentes (P ₂ O ₅ → F ₂ PO ₄)	1,82
Total	100,0	Total	100,0

Fuente: (Prada & Cortés, 2010).

Tabla 4.

Análisis Químico de la composición de la cáscara de arroz

ELEMENTO	PORCENTAJE (%)
Fibra (celulosa)	39,05
Lignina	22, 80
Proteínas	3,56
Extracto no Nitrogenado	6,60
Extracto con éter	0,93

Fuente: (Prada & Cortés, 2010)

Las características más representativas son las siguientes:

- La cáscara de arroz es un tejido vegetal constituido por celulosa y sílice, estos son elementos que ayudan al rendimiento de combustible.
- Por sus características químicas, presenta un carácter hidrofílico, es decir, tiene afinidad con el agua, presentando un 10 % de humedad.
- En base seca, el peso de la cáscara de arroz oscila entre los 2.944 y 3.563 mg dependiendo del tipo de arroz.
- Su densidad es aproximadamente de 1.60 gr / cm³ compacta y 1.42 gr / cm³ sin compactar (A. Valverde, 2007).

2.1.5. Composición y propiedades de la madera

La composición de la madera, al igual que cualquier sustancia de origen orgánico, se encuentra formada por 50 % de carbono, 42 % de oxígeno, 6 % de hidrógeno, 0,2 % de nitrógeno y en proporciones menores se encuentran otros elementos inorgánicos como fósforo, sodio y calcio (Paz Fong, 2008).

La madera tiene una estructura fibrosa formada básicamente por: celulosa C₆H₁₂O₅, en un (50 %) aproximadamente, lignina C₁₉H₂₄O₁₄ un (30 %) y productos orgánicos semejantes a la celulosa y sustancias varias un 20%, entre ellos, almidón, azúcares, grasas, taninos, aceites esenciales, sales minerales, colorantes, ceras y resinas (Pérez, 2012).

2.1.5.1. Las Propiedades de la madera son las siguientes:

- Fácil mecanización
- Densidad entre 300-800 kg/m³ según la especie. Es, excepto raras excepciones menos denso que el agua y, por lo tanto, flota sobre ella.
- Dureza y resistencia. Son propiedades variables en función de la especie, pero en general podemos decir que los árboles caducifolios tienen en su interior menos contenido de agua y, por lo tanto, presentan una mayor dureza y resistencia mecánica. Los árboles de hoja perenne, por el contrario, tienen mayor presencia de agua y consecuentemente son más blandos y con menor resistencia.
- Flexibilidad. Presenta en general una gran flexibilidad en el sentido de la veta, pudiendo doblarse fácilmente mediante calor o humedad.
- Fendabilidad. La madera se puede partir de forma fácil en el sentido de la veta, de las fibras.
- Higroscopicidad. Tiene la madera una gran capacidad de absorber agua y desprenderla posteriormente. (en función de la especie arbórea)
- Combustibilidad. Es la capacidad de arder. La madera tiene una alta combustibilidad, ardiendo con rapidez a la vez que desprende abundante calor.
- Conductividad. Es un material bastante aislante tanto del calor como de la electricidad (Pérez, 2012).

2.1.6. Tableros de Partículas

Los tableros de partículas es sinónimo de tableros aglomerados, son basados en partículas pequeñas pero varias veces más grandes que las células de madera, son generalmente irregulares y al ensamblarse llevan un orden aleatorio, sus propiedades finales dependen en gran medida a la densificación aplicada, se obtienen aplicando presión y calor sobre partículas de materiales lignocelulósicos en forma de partículas, con la mezcla un adhesivo o goma (Costales, 2017).

2.1.6.1. Clasificación de los tableros de partículas.

Los tableros de partículas pueden clasificarse de acuerdo con diferentes criterios según el proceso de fabricación, acabado superficial, forma y tamaño de las partículas, estructura del tablero y uso, las clasificaciones más habituales que se recogen en los catálogos de los fabricantes hacen referencia al acabado superficial y a sus usos (Santillan, 2011).

Según su uso, la norma UNE del método de ensayo (EN 312) los clasifica en:

- P1 tableros para uso general en ambiente seco.
- P2 tableros para aplicaciones de interior en ambiente seco.
- P3 tableros no estructurales para utilización en ambiente húmedo.
- P4 tableros estructurales para uso en ambiente seco.
- P5 tableros estructurales para uso en ambiente húmedo.
- P6 tableros estructurales de altas prestaciones para uso en ambiente seco.
- P7 tableros estructurales de alta prestación para uso en ambiente húmedo.

2.1.6.2. Propiedades físico-mecánicas de los tableros de partículas.

La aptitud de los tableros, para usos específicas dependen de la densidad, esta propiedad determina el campo de aplicación debido a que está estrechamente relacionada con la resistencia mecánica de los tableros, de igual manera, es importante conocer propiedades como la uniformidad en su espesor o grosor, el perfil de densidad en función de su espesor, la resistencia y rigidez a esfuerzos de flexión estática, la adherencia de las partículas, así como el grado de absorción de humedad e hinchamiento, estas propiedades físicas y mecánicas, son determinantes para obtener el máximo rendimiento, durabilidad y economía (Rangel et al., 2017).

- **Densidad:** La densidad es una propiedad intensiva de la materia definida como la relación de la masa de un objeto dividida por su volumen. La masa es la cantidad de materia contenida en un objeto y comúnmente se la mide en unidades de gramos (g). El volumen es la cantidad de espacio ocupado por la cantidad de la materia y es comúnmente expresado en centímetros cúbicos (cm³) o en milímetros (ml) (un cm³ es igual a 1 ml). Por consiguiente, las unidades comunes usadas para expresar la densidad, gramos por centímetros cúbicos (g/cm³), o también en kilogramos por metro cúbico kg/m³ (Hidalgo Molina, 2013).

La norma ASTM D1554-10 se refiere a toda la terminología para tableros de madera, fibras y partículas (ASTM, 2011). Según su clasificación respecto al valor de la densidad de los tableros de partículas establece la los siguientes valores:

- Tableros de partículas de baja densidad: menores que 640 Kg/m³
- Tableros de partículas de densidad media: entre 640-800 Kg/m³
- Tableros de partículas de alta densidad: mayor que 800 Kg/m³

- **Contenido de Humedad:** Hace referencia a una medida porcentual de la masa de una muestra, respecto de su masa total, luego de haber sido sometida a un proceso de secado es decir, extracción de agua (Instituto Nacional de Metrología de Colombia, 2022).
- **Higroscopicidad:** Material que tiene la capacidad de absorber y evaporar agua de acuerdo a las condiciones ambientales donde se encuentre (Instituto Nacional de Metrología de Colombia, 2022).
- **Estabilidad dimensional (hinchazón):** Los tableros de partículas mantienen el carácter higroscópico de la madera, lo que hace que su contenido de humedad tienda a equilibrarse con las condiciones higrotérmicas del medio (Santillan, 2011). Esto da lugar a variaciones dimensionales en longitud, anchura y espesor, en especial este último es el más sensible originando problemas en algunas sus aplicaciones.
- **Absorción a la humedad:** Este factor está directamente relacionado a la cantidad de agua que podría absorber el tablero bajo condiciones extremas. Cuanto mayor agua absorba será la variación de espesor (Clotario et al., 2009).
- **Flexión:** Resistencia a la rotura, cuando se trata de piezas delgadas, largas y de plano o planas. Aquí se conjuga y mide cuanto se flexiona la pieza antes del punto de rotura. La pieza se flexiona cuando se carga fuera de los soportes o apoyos (Clotario et al., 2009).
- **Tracción:** La resistencia a la tracción es el esfuerzo máximo que remarca el diagrama esfuerzo deformación y se corresponde con la fuerza de tracción máxima que soporta un material antes de que se fracture. La fractura de los materiales puede ser fractura frágil (Clotario et al., 2009).

2.1.7. Sistema de prensado para tableros

2.1.7.1. Prensas.

La prensa es una máquina herramienta que tiene como finalidad lograr la deformación permanente del material, mediante la aplicación de una carga. Para la producción en masa, las prensas son empleadas cada día en mayor número, sustituyendo a otras máquinas. Existe además la razón adicional de que, con una buena operación y calidad de las prensas, se pueden obtener productos de mucha homogeneidad, con diferencias de acabado entre unas y otras piezas de 0.002" y aun menos. La acción de las prensas se lleva a cabo por medio de una herramienta que es impulsada a presión contra el material laminado. La herramienta puede ser maciza o hueca, afilada o sin filo y de formas variadas según el caso (Diaz, 2010).

Al estudiar el empleo de una prensa para una determinada producción, los factores principales que deben tenerse en cuenta son:

- Clase de operación por efectuarse, lo cual fija principalmente el tipo de prensa y su carrera, que debe ser lo más corta posible para evitar desgaste, pero suficientemente amplia para poder manejar libremente el material.
- Forma y tamaño del artículo que fijan las dimensiones de la mesa, claro, carrera, y si la prensa debe ser de acción sencilla, doble o triple. Material empleado en la fabricación del artículo. Determina la presión necesaria de la prensa, tamaño de la mesa, forma de alimentación y número de pasos.
- Producción horaria, determina la potencia de la prensa, su velocidad de trabajo y sistemas de alimentación.
- Precios límites del producto terminado.

2.1.7.2. Clasificación de las Prensas.

Por el mecanismo de conducción, se pueden clasificar en:

Mecánicas

Las prensas mecánicas son máquinas que acumulan energía mediante un volante de inercia y la transmite bien mecánicamente o neumáticamente a un troquel o matriz mediante un sistema de biela manivela. La fuerza generada por la prensa varía a lo largo de su recorrido en función del ángulo de aplicación de la fuerza. Cuanto más próximo esté el punto de aplicación al PMI mayor será la fuerza, siendo en este punto teóricamente infinita. Estas prensas se emplean en operaciones de corte, estampación, doblado y embuticiones pequeñas. No son adecuadas para embuticiones profundas (Díaz, 2010).

Hidráulicas

Se basan en el conocido principio de Pascal, alimentándose un pistón de gran diámetro con fluido a alta presión y bajo caudal consiguiendo altísimas fuerzas resultantes. La entrega de energía es controlada en cada momento tanto en fuerza como en velocidad por lo que mantenemos el control constante del proceso. Se usan en operaciones de embutición profunda y en procesos de altas sollicitaciones como acuñado. Las prensas hidráulicas de alta velocidad proporcionan más de 600 golpes por minuto, y se utilizan para operaciones de corte de alta velocidad (Bavaresco, 2016).

2.1.7.3. Componentes generales de una prensa hidráulica.

El sistema eléctrico está compuesto por:

- Relevadores de sobrecarga
- Botones de arranque, paro y de emergencia
- Contactos auxiliares
- Protectores termo-magnéticos
- Cables y conexiones

Sistema de potencia:

- Motor
- Bomba hidráulica

Sistema de transmisión:

- Flechas

Sistema hidráulico:

- Válvulas
- Pistones
- Mangueras y tubería
- Aceite
- Filtros

2.1.7.4. Procedimiento para utilizar una prensa hidráulica.

Colocar el gato hidráulico con la extensión y pistón hasta su máxima altura en posición vertical en la prensa, aplicar la carga de prueba de acuerdo a lo establecido y sostener la carga durante un tiempo de un minuto. El conteo del tiempo debe iniciarse en el momento en que el pistón se haya desplazado como máximo 15 mm por debajo de su altura máxima. Después de efectuar la prueba, los gatos hidráulicos deben funcionar sin presentar: deformaciones permanentes, dobleces ni desgastes, conforme lo dicho según el proceso de fabricación (Moreno Regan, 2008).

2.1.8. Sistemas de secado para tableros

El proceso de secado se realiza aplicando el programa elegido. Se considera el inicio de operaciones en el proceso de secado, al llenado del horno y el enfriamiento como la última operación del proceso de secado. Paralelamente al proceso de secado se debe realizar el monitoreo y control del cumplimiento del programa de secado realizado. El volumen de la

carga depende de la capacidad del horno y del espesor de la madera a cargar. La capacidad del horno determina el largo máximo de las tablas o rumas a apilar. Se debe respetar las indicaciones de llenado del horno establecidas por el fabricante, considerando el ancho, profundidad y altura de cámara, ya que estas medidas garantizan la correcta circulación del aire y, por ende, un efectivo secado (Moscoso & Gutiérrez, 2009).

2.1.9. Sistema de secado para la madera

Es la etapa de secado propiamente dicha. Consiste en la eliminación de agua desde la superficie de la pieza y la subida de la humedad desde el interior hacia la superficie. Esta etapa tiene dos sub-fases en las cuales se establecen diferentes procesos de gradientes, temperaturas y humedad relativa, generalmente enlazadas:

- a) Sub Fase 1. Eliminación del agua libre de la madera; se caracteriza por una elevada salida de vapor de agua de las cámaras (pudiendo salir agua por debajo de las puertas a manera de charco). Esta etapa dura días y se observa, en los controles, una rápida pérdida del contenido de humedad en la madera.
- b) Sub Fase 2. Eliminación del agua higroscópica de la madera (por debajo del 30%); en esta etapa se producen las contracciones y los defectos en la madera por un mal secado, por lo que es necesario mantener un doble control en el secado. A medida que va disminuyendo la humedad en la madera es necesario incrementar la temperatura y la gradiente, y, disminuir la humedad relativa. Esta fase dura días (Moscoso & Gutiérrez, 2009).

2.1.10. Tipos de gomas para tableros de aglomerados

1.1.10.1. Adhesivos con lignina

La lignina es un heteropolímero que forma parte de la pared celular del tejido vascular de las plantas, está compuesta por diversos monómeros y polímeros, su biosíntesis ocurre en plastidios y retículo endoplasmático, para posteriormente polimerizarse mediante diferentes grupos enzimáticos en la pared celular, donde ocurre el proceso de lignificación cooperativa (Maceda et al., 2021).

El interés del uso de la lignina, para la sustitución parcial del fenol en las resinas fenólicas es debido a su gran disponibilidad, su bajo coste y a la presencia de grupos funcionales potencialmente reactivos. El uso de la lignina como sustituto parcial del fenol en producción de resinas fenólicas tiene diferentes aplicaciones, tales como, la fabricación de tableros

aglomerados, de pastas de frenos, o de laminados de madera contrachapada, entre otras (Ucha, 2013).

1.1.10.2. Resina Urea-Formaldehido UF.

Las resinas UF son producto de la polimerización de urea y formaldehido a diferentes relaciones molares, las proporciones dependen de la aplicación final. De manera general este tipo de resinas se aplican como adhesivo en la industria de transformación de la madera, en aglutinación de partículas o fibras, en recubrimientos como la impregnación de papel, y en la industria de los abrasivos (Aracuco Industria de México S.A. de C.V, 2020).

2.1.10.3. Disma Blancola.

es un excelente adhesivo líquido vinílico listo para usar, fabricado con emulsiones de polivinilo-acetato, para el mercado maderero y carpintería en general, de rápido secado, muy buena resistencia mecánica y no mancha. Esta goma está compuesta por Polímeros de polivinilacetato, polímeros sintéticos, antiespumantes, dispersantes, cargas inorgánicas, preservantes y agua. “Disma blancola” es el adhesivo profesional preferido por carpinteros, ebanistas y artesanos expertos que exigen seguridad y calidad, ya que proporciona “uniones super fuertes”. También es ideal para el pegado de papeles, madera, telas y otros materiales en múltiples aplicaciones (Macías, 2018).

1.1.11. Dimensiones de los tableros de partículas

Existe una gran variedad de dimensiones las cuales se nombran a continuación:

- De 2.050 mm hasta 4.880 mm - anchuras:
- De 1.220 mm hasta 2.500 mm - espesores:
- De 3,0 mm hasta 50 mm.

Las prensas continuas permitir obtener tableros de cualquier longitud, y las despiezadoras facilitan obtener cualquier tipo de anchura y longitud (Klauditz, 1998). Tolerancias dimensionales definidas en la norma UNE EN 324-1.

1.1.12. Aplicaciones de los Tableros

Los tableros de partículas tienen diferentes usos los cuales se describen a continuación (Klauditz, 1998).

Carpintería-mobiliario- decoraciones:

- Fabricación de puertas
- Fabricación de muebles
- Mamparas
- Rodapiés
- Zócalos
- Encimeras
- Techos falsos
- Doblado de paredes
- Divisiones interiores, tabiques

Estructurales

- Base de cubiertas
- Tabiques
- Prefabricados
- Base de suelos,
- Encofrados
- Vigas cajón o casetones

1.1.13. Diferentes análisis que se le realizan a los tableros de acuerdo a las normas que se mencionan

1.1.13.2. Determinación del contenido de humedad.

El ensayo se lo realiza de acuerdo a lo establecido en la NTE INEN 896 Equipos. Una balanza con una sensibilidad de 0.01g. Estufa capaz de mantener una temperatura de 103°C $\pm$ 2 °C con ventilación (INEN, 2013).

Procedimiento

El ensayo debe realizarse en probetas de cualquier forma y dimensión con un área total de 100 m², acondicionadas como se indica en la NTE INEN 895. Obtenida la probeta, medir su masa inmediatamente con una aproximación de 0.01g., e introducir a la estufa, donde se mantiene a 103°C $\pm$ 2 °C, hasta que alcance masa constante que se comprueba pesándola periódicamente, hasta que dos masas consecutivas no difieran en más del 1%.

Se calcula con la siguiente formula:

$$\% H = \left(\frac{P_i - P_o}{P_o} \right) * 100 \quad Ec. 1$$

Donde:

- % H = porcentaje de humedad.
- P_i = peso inicial de la muestra en gramos
- P_o = peso de la muestra secada en la estufa en gramos

El resultado se expresa por la pérdida de la masa de la probeta de ensayo, entre los estados, antes y después del secado.

El contenido de humedad de un tablero o de un lote de tableros de madera aglomerada, es igual al valor de la media aritmética del contenido de las probetas de estos.

1.1.13.3. Determinación de la Densidad.

La densidad del tablero se dio por la relación de la masa-volumen, la masa de la pieza de ensayo se mide por el pesaje en gramos y el volumen en de la prometa de 1000 ml por el método directo o indirecto, en centímetros cúbicos. Este ensayo se determina bajo la metodología implementada en la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 1162 (INEN, 2013).

La densidad del tablero, se calculó mediante la siguiente ecuación (2):

$$D = \frac{M_o}{V} \quad Ecu 2$$

En donde:

- M_o = masa de la probeta en kg.
- V = volumen de la probeta en m^3 .

La densidad aparente de un tablero es la media aritmética de las densidades de todas las piezas de ensayo del mismo panel, expresada en kg/cm^3 , con aproximación a números enteros.

1.1.13.4. Determinación de la hinchazón y de la absorción de agua por sumersión total.

Este ensayo se lo realizó de acuerdo a la lo establecido en base a la NTE INEN 899. El aglomerado tiene la característica de absorber agua y aumentar sus medidas produciéndose

un hinchamiento del material cuando este seco y fueron evaluadas de acuerdo a la norma internacional UNE-317:1994 para la hinchazón y COVENIN 847-91 para la absorción de agua.(Patricia & Morocho, 2020).

Procedimiento

Para la hinchazón las probetas deben tener forma cuadrada de 100 mm de lado, se pesan con una aproximación a 0,1 g y se mide el espesor, su longitud y su ancho. A continuación, se sumergen las probetas verticales en el recipiente que contenga agua limpia y su temperatura sea de $20 \pm 1^\circ\text{C}$; las probetas deben estar separadas unas de las otras y no deben topar las paredes ni el fondo, los bordes superiores de las probetas deben estar totalmente por debajo de la superficie del agua. Se mantendrán sumergidas las probetas durante dos horas, haciéndolas girar verticalmente alrededor de su eje horizontal al cabo de la primera hora. Al principio de cada ensayo se comprobará que el pH del agua sea de 6 ± 1 , corrigiéndose en caso contrario. Por último, se vuelve a pesar y se mide el espesor, la longitud y el ancho.

La hinchazón se calcula por diferencia de volumen con la fórmula siguiente:

$$\%H = \frac{V_1 - V_0}{V_0} \times 100 \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

- H = hinchazón en porcentaje.
- V1 = Volumen después de la sumersión, en cm^3 .
- V0 = Volumen antes de la sumersión, en cm^3

La Hinchazón en el espesor se expresará con una aproximación de 0.5%. La hinchazón de un tablero será la media aritmética de la hinchazón de las probetas obtenidas a partir del mismo.

Absorción de Agua. La absorción de agua se calculará con la formula siguiente:

$$\%Aa = \frac{P_1 - P_0}{P_0} \times 100 \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

- Aa = Absorción de agua en porcentaje.
- P1 = Peso de la probeta después de la sumersión, en gramos.

- P_o = Peso de la probeta antes de la sumersión, en gramos.

El resultado se expresará con una aproximación de 1%. La absorción del agua por un tablero será la media aritmética de la absorción de agua de las probetas obtenidas a partir del mismo.

1.1.13.5. Determinación de la resistencia a la tracción perpendicular a las caras de los tableros.

El ensayo se lo realiza de acuerdo a lo establecido en la NTE INEN 898. La resistencia a la tracción perpendicular a las caras es el cociente de dividir la fuerza máxima, expresada en kgf, que resiste un tablero perpendicularmente a sus caras, por el área sobre la que se aplica, expresada en cm². Esta resistencia determina el grado de unión o enlace existente entre las caras del tablero (INEN, 2013).

Para realizar este ensayo, se necesita una máquina que aprecie hasta 0.25 kgf, con mordazas auto orientables y con una velocidad de carga de 0.1 Kgf/cm² /seg.

Procedimiento:

- Medir la altura y el ancho de la sección central de la pieza de ensayo con aproximación de 0,1 mm.
- Calcular el área de la pieza de ensayo con los datos obtenidos en el numeral anterior.
- 3.3.3 Sujetar la pieza de ensayo entre las mordazas de la máquina de tracción.
- Aplicar la carga a la velocidad constante de 400 kg/min, hasta la rotura de la probeta.
- Leer la carga de rotura con una aproximación de 1 kg. No se considerarán las piezas de ensayo cuya rotura se produzca en un lugar distinto a su zona más delgada.

Para determinar la resistencia a la tracción perpendicular a las caras, se aplica la siguiente fórmula:

$$\sigma H = \frac{Pr}{S} \quad Ec. 5$$

Donde:

- σH = resistencia a la tracción perpendicular a las fibras en (kg/cm²).
- Pr = carga de rotura en kg.
- S = área de la sección recta central de la probeta en (cm²).

El resultado se expresará con una aproximación de 0.1 Kgf/cm². La resistencia a la tracción perpendicular a las caras de un tablero será la media aritmética de las probetas obtenidas de este.

1.1.14. Método del tamaño de partículas

Por granulometría o análisis granulométrico de un agregado se entenderá todo procedimiento manual o mecánico por medio del cual se pueda separar las partículas constitutivas del agregado según tamaños, de tal manera que se puedan conocer las cantidades en peso de cada tamaño que aporta el peso total. Para separar por tamaños se utilizan las mallas de diferentes aberturas, las cuales proporcionan el tamaño máximo de agregado en cada una de ellas. En la práctica los pesos de cada tamaño se expresan como porcentajes retenidos en cada malla con respecto al total de la muestra (Simeon, 2017).

1.1.15. Método de Costos de Producción

Los costos de producción pueden dividirse en dos grandes categorías: costos directos o variables, que son proporcionales a la producción, como materia prima, y los costos indirectos, también llamados fijos que son independientes de la producción, como los impuestos que paga el edificio. Una vez calculados los tres elementos del costo del producto (materia prima, insumos y mano de obra), éstos se suman para obtener el costo de producción total (Mellado, 2010).

1.2. Marco Referencial

2.2.1. Investigaciones referenciales en el proceso de fabricación de tableros de partículas

Según (Gaitán et al., 2016), en su estudio, sobre aglomerados fabricados con partículas lignocelulósicas provenientes de plantas encontradas en la región del Quindío - Colombia como son la “guasca de plátano”, el “tripe perro” y el “pasto elefante” se compararon con aglomerados comerciales de madera, donde estas partículas fueron mezcladas con la resina de urea-formaldehído con un contenido de sólidos del 63 %, por medio mecánico durante 7 min buscando homogeneidad, vaciando la mezcla en las formaletas elaboradas para máquina de planchas térmicas, las cuales fueron prensadas y sometidas a una temperatura de moldeo fue de 160 °C, y la presión de 107 psi durante 10 min, los resultados obtenidos en base la proporción de fibra y resina en la elaboración del plato fue de: fibra vegetal 14 g, urea formaldehído 28 ml y catalizador 1 g. El plato así fabricado tuvo las siguientes medidas 9 cm x 9 cm en los lados y 0.5 cm de espesor, los análisis mecánicos y dureza se realizaron en una máquina Universal.

Según (Mera & Simbaña, 2010), consideraron el diseño de una termo prensa para poder trabajar los tableros de partículas, la máquina fue desarrollada con una presión nominal de

50 tn y rango de temperatura de 0 a 200 °C, usada en frío, la resina utilizada fue donada por una empresa, en función de la disponibilidad de materiales, se emplearon para esta investigación fibra de Cabuya, procedente de la parroquia de Lita en la provincia de Imbabura, luego de varias pruebas y una vez establecido el comportamiento de la resina junto con las fibras, se procedió a elaborar las probetas y los tableros, la incorporación de la fibra fue del 10 % al 15 % de la mezcla, además se empleó un catalizador (acelerante) para ayudar a la adhesión de los materiales, la temperatura dentro de la termo-prensa varió entre 70 y 90 °C y el tiempo de curado fue de 1 hora en estufa a 50 °C.

Según (Moreno et al., 2010) estudiaron la factibilidad de la fabricación de tableros aglomerados de partículas a dos niveles de densidad teórica de 600 kg/cm³ y 800 kg/cm³ utilizando (*Guadua angustifolia*) así como la determinación de la influencia de la cutícula externa que recubre el tallo, dicha factibilidad se estableció sobre la base de comparaciones de las propiedades físicas y mecánicas, las muestras a ensayadas fueron probetas de 30 mm × 30 mm × 100 mm, de (*Guadua angustifolia*) a las que se les determinó la densidad en condición verde, seca al aire y seca al horno, según la (Norma DIN 52182), y para la eliminación de la cutícula se hizo a través de un disco rotativo cubierto con lija. Posteriormente introdujeron a la máquina viruteadora con el fin de obtener las partículas necesarias para fabricar los tableros, utilizando la resina de urea formaldehído con un contenido aproximado de sólidos de 60 %, las partículas ya encoladas fueron distribuidas de forma manual en formaletas de madera orientadas aleatoriamente para formar un colchón de partículas homogéneo y con un preprensado para ser introducido al prensado final. Se fabricaron 4 tableros con cutícula y 4 sin cutícula para cada nivel de densidad. Los resultados que obtuvieron indicaron que los tableros fabricados con la especie estudiada presento propiedades acordes con los valores estipulados por la norma y se determinó la influencia negativa de la cutícula externa del tallo en la absorción de agua y tracción perpendicular a la superficie del tablero con una densidad de 600 kg/cm³.

Según (Chan et al., 2004) en su estudio, mencionan que los tableros de partículas se fabrican sometiendo a presión y calor las partículas de madera previamente rociadas con una resina sintética, las partículas que pueden usarse son residuos de otros procesos productivos como viruta de cepillos, recortes de chapa, los tableros pueden tener de 3 a 5 capas con partículas de distinto grueso dispuestas de modo que las capas con las partículas de mayor grueso queden al centro y las que tienen las partículas más finas queden en las caras, de esta manera que mejoró la resistencia mecánica y la apariencia de los tableros.

Según (Poblete & Burgos, 2010) consideraron la evaluar el residuo de (*Eucalyptus nitens*) (*Deane et maiden*), como materia prima para tableros de partículas, donde controlaron la densidad de la madera, las dimensiones de las partículas obtenidas, el coeficiente de esbeltez y el valor pH de las partículas. Fabricaron tableros con densidades entre 450 y 750 kg/m³ y determinaron las propiedades flexión, tracción perpendicular, densidad de los tableros, hinchamiento y absorción de agua a las 2 y 24 h, calculando el grado de correlación de las distintas propiedades del tablero con la densidad de los mismos. Las características de las partículas y las propiedades de los tableros demostraron que la madera de “*Eucalyptus nitens*” es apta para ser utilizada en la fabricación de estos aglomerados, ya que a medida que aumentaba la densidad del tablero se provocaba un aumento en las propiedades mecánicas.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización de estudio

Este proyecto de investigación se realizó en la finca del Sr. Antonio Caicedo propietario de la misma, ubicado en el km 5 de la vía la Esperanza-el vergel, cantón Quevedo - Provincia de los Ríos.

3.2. Tipo de Investigación

El modelo de investigación que se utilizó en la exploración realizada es experimental constituyendo una panorámica general que aproxima la investigación a una realidad exploratoria para la investigación de campo; Descriptiva, documental y de campo.

3.3. Métodos de Investigación

3.3.1. Inductivo

El método inductivo establece que tipo de problemas existe en la investigación.

Al realizar las observaciones iniciales se analizó el grave problema de la contaminación ambiental, provocada por la poca utilización de residuos como la cáscara de cacao y cáscara de arroz, se descubrió serias afectaciones como: gran utilización de la madera, excesiva contaminación del aire y contaminación de los suelos, por ello al investigar esta problemática y evaluar estos residuos se notó la importancia de su utilización de los mismos residuos mencionados para la fabricación de tableros de partículas.

3.3.2. Deductivo

Parte de principios, leyes y axiomas de problemas ya conocidos en la investigación pasando de un conocimiento general a otro de un nivel más alto.

Este método ayudó a plantear las posibles soluciones para este grave problema de contaminación ambiental, aplicando modelos matemáticos y comparando los resultados que se obtuvieron sobre las variables físico-mecánicas que se presentaron en los tableros de partículas según de las diferentes formulaciones realizadas en el proceso de fabricación.

3.3.3. Analítico

En esta investigación se usó un diseño experimental basado en análisis de laboratorio, es decir, el método analítico logró determinar cuál fue la mejor formulación a partir de variables físico-mecánicas de los tableros de partículas, los mismos que se llevaron a cabo en las diferentes áreas como fue, laboratorio de Biotecnología, Química y el Laboratorio de Operaciones Unitarias de los Laboratorio de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

3.4. Fuentes de recopilación de información

Las fuentes de información utilizadas para la recopilación de información fueron: tesis, artículos científicos, fichas técnicas, revistas, y documentos del Instituto de Estadísticas y Censos INEC y ministerio de Agricultura y Ganadería.

3.5. Diseño de la investigación

Esta investigación fue de tipo experimental debido a que se implementó un diseño factorial ($A * B$), donde el factor A = Mezcla del (Porcentaje de cáscara de cacao y cáscara de arroz), factor B = Grosor de tablero en unidad de mm, la cual corresponden a 9 tratamientos con 3 réplicas, obteniendo 27 unidades experimentales. Para conocer los resultados del análisis de varianza y establecer diferencia significativa entre los tratamientos que actúan, se aplicó una prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), estos se verán reflejados por medio del uso del programa estadístico “STATGRAPHICS” versión 16.1.03 y “Infostat” última versión español 2020.

Tabla 5.

Descripción de las formulaciones del estudio para el primer objetivo

Formulación	Descripción
F1	CC 30 % + CA 70 % + G 8 mm
F2	CC 30 % + CA 70 % + G 10 mm
F3	CC 30 % + CA 70 % + G 12 mm
F4	CC 50 % + CA 50 % + G 8 mm
F5	CC 50 % + CA 50 % + G 10 mm
F6	CC 50 % + CA 50 % + G 12 mm
F7	CC 70 % + CA 30 % + G 8 mm
F8	CC 70 % + CA 30 % + G 10 mm
F9	CC 70 % + CA 30 % + G 12 mm

Fuente: Autor

3.5.1. Factores de estudio

Tabla 6.

*Descripción de los factores de estudio (A * B) para el primer objetivo*

FACTOR	DESCRIPCIÓN
A = Mezcla del (Porcentaje de cáscara de cacao y cáscara de arroz)	a ₀ : 30 % cáscara de cacao + 70 % cáscara de arroz a ₁ : 50 % cáscara de cacao + 50 % cáscara de arroz a ₂ : 70 % cáscara de cacao + 30 % cáscara de arroz
B = Grosor del tablero	b ₀ : 8mm b ₁ : 10mm b ₂ : 12mm

Fuente: Autor

3.5.2. Esquema del ANOVA

El análisis estadístico de los datos obtenidos se llevó a cabo mediante el análisis de la varianza (ANOVA), técnica que analiza la variación total de los datos y la divide en porciones significativas e independientes, atribuibles a cada una de las fuentes de variabilidad presentes y a la variación causal (aleatoria).

Tabla 7.

*Esquema del análisis de varianza (A*B) para las variables del estudio*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado medio	Razón de varianza	Tukey 5%	Tukey 1%
Factor A	SC _A	(A-1) = 2	CM _E	CM _E / CM _T	P(F> 5%)	P(F< 1%)
Factor B	SC _B	(B-1) = 2	CM _B	CM _B / CM _T	P(F> 5%)	P(F< 1%)
Int A x B	SC _{AB}	(A-1) *(B-1) = 4	CM _{AB}	CM _{AB} / CM _T	P(F> 5%)	P(F< 1%)
Réplicas	SC _R	(R-1) = 2	CM _R	CM _R / CM _T	P(F> 5%)	P(F< 1%)

Error	SC _E	(K-1) (N-1) = 18	CM _E	CM _E / CM _T	P(F> 5%)	P(F< 1%)
Total	SC _T	(A*B*R) -1 = 26	CM _T			

Fuente: Autor

3.6. Instrumentos de medición

3.6.1. Variables a medirse

Las variables a medir fueron las propiedades físico-mecánicas, a través de métodos de ensayo establecidos por las normas y se realizaron en las diferentes áreas de los Laboratorios de la UTEQ, para identificar el grosor más idóneo entre (8 mm, 10 mm y 12 mm) en calidad de los tableros de partículas.

3.6.1.1. Propiedades Físico-Mecánicas

3.6.1.2. Determinación del contenido de humedad en porcentaje

Se determinó por desecación en estufa a $55^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta peso constante. Dicho porcentaje de (Humedad) se calculó por la pérdida de masa del tablero de partículas expresada en tanto por ciento, metodología implementada en la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 896 (INEN, 2013).

Procedimiento:

- A los tableros de partículas se le tomó el peso inicial, es decir, retirando el papel aluminio que los cubría por el prensado.
- Luego se introdujeron cada tres tableros en la estufa a una temperatura de 55°C por 48 horas.
- Finalmente se retiraron los tableros, se dejó enfriar por 2 horas, para luego tomar el peso final de los tableros.
- Una vez obtenido los datos, se calculó mediante la siguiente ecuación (1):

Ecuación 1. Fórmula para determinar el contenido de humedad en porcentaje

Ecu 1

$$\% H = \frac{P_i - P_o}{P_o} 100$$

Donde:

- % H = porcentaje de humedad.
- P_i = peso inicial de la muestra en (g).
- P_o = peso de la muestra secada en la estufa en (g).

3.6.1.3. Determinación de la Densidad

La densidad de los tableros se dio por la relación de la masa-volumen, la masa de la pieza de ensayo se midió por el pesaje en gramos y el volumen en de la prometa de 1000 ml por el método directo, en centímetros cúbicos. El ensayo se determinó bajo la metodología implementada en la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 1162 (INEN, 2013).

Procedimiento:

- Los tableros de partículas elaborados fueron totalmente molidos en un molido industrial para obtener su masa.
- Se utilizó una probeta de 100 ml para el experimento.
- En una balanza analítica, se ubicó la probeta y seguido a esto se la taró con unidad de kg.
- Luego se fue agregando poco a poco toda la masa del tablero en la probeta hasta llegó al tope final de 100 ml.
- Finalmente, se tomó el peso del volumen de la probeta en m^3 .
- Una vez obtenido los datos, la densidad del tablero se calculó mediante la siguiente ecuación (2), expresada en kg/m^3 :

Ecuación 2. Fórmula para determinar la densidad de los tableros de partículas

$$D = \frac{M}{V} \quad Ecu\ 2$$

Donde:

- D = densidad aparente, en (kg / m^3).
- M = masa de la pieza de ensayo, en (Kg).
- V = volumen de la pieza de ensayo, en (m^3).

3.6.1.4. Determinación de la hinchazón y de la absorción de agua por sumersión total de las piezas de los tableros de partículas

Este ensayo se lo realizó de acuerdo a lo establecido en base a la NTE INEN 899. El aglomerado tiene la característica de absorber agua y aumentar sus medidas produciéndose un hinchamiento del material cuando este seco y fueron evaluadas de acuerdo a la norma internacional UNE-317:1994 para la hinchazón y COVENIN 847-91 para la absorción de agua.(Patricia & Morocho, 2020).

Procedimiento:

- Para medir el porcentaje de hinchazón y absorción de agua, se cortó previamente los tableros de partículas en piezas pequeñas con una medida de 3 cm de ancho y 8cm de largo, se utilizó probetas de 500 ml, y agua destilada con un pH de 7 para el desarrollo del experimento.
- Se tomo el peso inicial de cada pieza antes de experimento.
- Las probetas previamente lavadas, se llenaron con agua destilada hasta obtener un volumen de 400 ml.
- Con ayuda de una pinza, se sumergieron totalmente en agua las piezas de los tableros de forma vertical sin topar las paredes ni el fondo de la probeta, de tal manera que se tomó el volumen del agua que subió en la probeta y se dejó reposar las muestras durante 2 horas.
- Luego se retiró las piezas de los tableros ubicándolas en cajas Petri.
- Se desecho el agua y se volvió a llenar las probetas con agua destilada y un volumen de 400 ml.
- Se volvió a sumergir las piezas húmedas y tomamos el volumen final de la probeta.
- Finalmente, se retiró de la probeta las masas de la pieza y se tomó el peso final de esta.

Cálculos

Una vez obtenidos los datos se calculó el porcentaje de hinchazón por diferencia de volumen con la fórmula siguiente formula:

Ecuación 3. Fórmula para determinar la hinchazón de los tableros de partículas

$$\%H = \frac{V1 - V0}{V0} \times 100$$

Ecu 3

Donde:

- H = hinchazón en porcentaje.
- V1 = Volumen después de la sumersión, en cm³.
- Vo = Volumen antes de la sumersión, en cm³.

Absorción de Agua

La absorción de agua se calculó por diferencias de pesos en la pieza con la siguiente ecuación:

Ecuación 4. Fórmula para determinar la absorción de agua por sumersión total de los tableros de partículas

$$\%Aa = \frac{P1-P0}{P0} \times 100 \quad \text{Ecu 4}$$

Donde:

- Aa = Absorción de agua en porcentaje.
- P1 = Peso de la probeta después de la sumersión, en gramos.
- Po = Peso de la probeta antes de la sumersión, en gramos.

3.6.1.5. Determinación de la resistencia a la tracción perpendicular a las caras.

El ensayo se lo realizó de acuerdo a lo establecido en la norma NTE INEN 898. La resistencia a la tracción perpendicular a las caras es el cociente de dividir la fuerza máxima, expresada en kgf, que resiste un tablero perpendicularmente a sus caras, por el área sobre la que se aplica, expresada en cm². Esta resistencia determina el grado de unión o enlace existente entre las caras del tablero (INEN, 2013).

Para realizar este ensayo, se necesita una máquina que aprecie hasta 0.25 kgf, con mordazas auto orientables y con una velocidad de carga de 0.1 Kg/cm² /seg.

Procedimiento:

- Para este experimento se cortaron los tableros de partículas en una medida de 20 cm de largo y 13 cm de ancho.
- Se calculó el área del tablero, con los datos obtenidos en el numeral anterior.
- En una máquina extractora de aceite se retiró ciertas piezas para sólo utilizar el pistón que ejerció la fuerza de tracción, previo a aquello, se realizó la adaptación de un manómetro a la manguera de aire para marcar la presión del aire que tiene cuando baja el pistón de la maquina al realizar la tracción del tablero.
- Se sujetó la pieza de ensayo entre las mordazas de la máquina de tracción y se aplicó la carga de presión de aire, bajando el pistón hasta la rotura del tablero por 30 segundos.
- Finalmente, se tomó el dato de la carga de rotura a través de manómetro con medida en psi, para luego convertir a kgf, Este experimento se les realizó a los tableros de 8 mm, 10 mm y 12 mm.

Cálculos

Se calculó la resistencia a la tracción perpendicular a las caras, mediante la siguiente fórmula expresada en (kg / cm²):

Ecuación 5. Fórmula para determinar resistencia a la tracción perpendicular a las caras de los tableros de partículas

$$\sigma_H = \frac{Pr}{S} \quad \text{Ecu 5}$$

Donde:

- σ_H = resistencia a la tracción perpendicular de los tableros en kg / cm².
- Pr = la carga de rotura en kg.
- S = área de la sección recta central de la probeta en (cm²).

El resultado se expresó con una aproximación de 0.1 Kgf/ cm².

3.6.1.6. Grosor.

Fue determinado por medio del uso de un calibrador y bajo las especificaciones de la metodología EN 3241 implementada en la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 3110 (INEN, 2016).

3.6.2. Determinación del tamaño de partículas por el método de tamizado

El ensayo consiste básicamente en separar una muestra de agregado seco de masa conocida, a través de una serie de tamices de aberturas progresivamente menores, con el objeto de determinar los tamaños de las partículas (Simeon, 2017).

Procedimiento:

- Se peso en una balanza analítica la cantidad de residuos molidos de la muestra de cáscara de cacao y cáscara de arroz.
- Se lavó los tamices y se ubicó progresivamente los tamices con medidas de 500 µm, 200 µm, 90 µm y 75 µm.
- Luego la muestra fue colocada en los tamices con unidad de medida en micrómetros, cuidando que el fondo se encuentre ensamblado con la malla, tapando la malla, se sacudió manualmente de forma circular por un tiempo de 3 a 5 minutos.
- Se retiró las porciones retenidas en cada malla de los tamices y se pesó dichas cantidades retenidas.

El porcentaje de masa retina se calculó median te la siguiente formula:

Ecuación 6. *Fórmula para determinar el tamaño de partículas molidas de cáscara de cacao y cáscara de arroz*

$$\%MR = \frac{P1}{P} * 100 \quad Ecu 6$$

Donde:

- %MR= Porcentaje de materia retenida.
- Pi= Peso de masa, muestra original.
- P = Peso de cada tamaño de partículas.

3.6.3. Materia prima utilizada en la fabricación de tableros de partículas

La materia prima utilizada en este proyecto de investigación fue la cáscara de cacao y cáscara de arroz, que se obtuvo de una finca y una piladora de arroz ubicada en la zona rural de la “Parroquia La Esperanza - Quevedo”. Previo a estos se realizó una comparación de las composiciones principales de estos residuos versus la composición de la madera.

3.6.3.1. Descripción del proceso de fabricación de tableros de partículas.

Procedimiento:

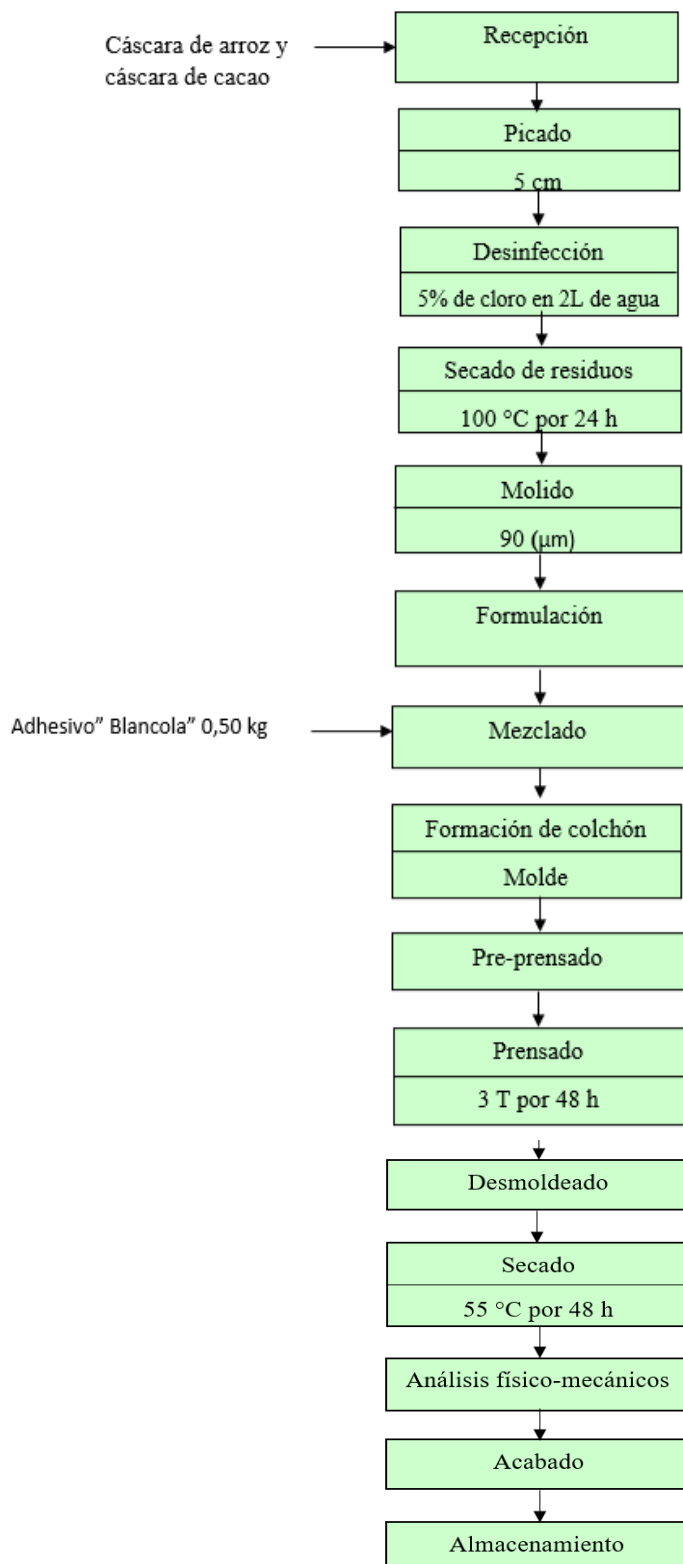
- **Recepción de la materia prima.** Para la fabricación de los tableros de partículas, se receptaron los residuos como la cáscara de arroz y la cáscara de mazorca de cacao.
- **Picado.** Se realizó una reducción del tamaño del residuo de cacao a través del picado de 5 cm la cáscara, ya que por lo general su residuo es muy grande.
- **Desinfección,** Se realizó una desinfección de ambos residuos en una solución del 5 % de concentración de cloro en 2 L de agua, para eliminar hongos, mohos y levaduras que afectan las propiedades finales del tablero.
- **Secado.** Los residuos se secaron en una estufa, a una temperatura de 100 °C por 24 h, hasta alcanzar un contenido de humedad final del 10 % recomendado.
- **Molido.** Se llevó al área de molido ambos residuos, los cuales fueron molidos a través de un molino industrial adaptado eléctricamente, quedando así en pequeñas partículas de 0.7 mm.
- **Formulación.** Dentro de las formulaciones variaron las concentraciones de residuos de cáscara de cacao y cáscara de arroz entre (30 - 70 %, 50 - 50 % y 70 - 30 %) para el mezclado de partículas con la goma y se utilizó un diseño factorial (A*B).
- **Mezclado.** Se realizó el mezclado de ambos residuos cáscara de cacao y cáscara de arroz, adicionando la goma “Blancola”.
- **Formación de colchón molde.** Las partículas ya encoladas, fueron distribuidas de forma manual en el molde de acero aleatoriamente para formar un colchón de partículas homogéneo.
- **Pre-prensado.** Con un material liso de acero pesado, pasó por encima del colchón de partículas, para luego introducir la tapa del molde diseñada para el prensado.
- **Prensado.** Se llevó el molde a una prensadora hidráulica en frío, automatizada para ejercer una presión 3 toneladas al molde, para comprimir los tableros y se dejó con

un ciclo de prensado por 48 horas, lo que permitió compactar los residuos en partículas sólidas, cilíndricas de tamaño uniforme y homogéneas.

- **Desmoldeado.** Una vez que termine el ciclo de prensado para los tableros, se retira el molde de la prensa, siendo sus 4 lados desmontables se abrieron con facilidad y retiramos el tablero con mucho para evitar que se parta por la humedad que retiene.
- **Secado.** Se llevaron un secado de los tableros en una estufa a una temperatura de 55 °C por 48 h, para determinar el contenido final de humedad y densidad.
- **Análisis físico-mecánicos.** Se realizó los métodos de ensayo en los laboratorios en el Campus La María de la UTEQ, determinando así las propiedades mecánicas de los tableros de acuerdo a los diferentes grosores establecidos (8mm, 10mm y 12mm).
- **Recubrimiento.** Finalmente se llevaron los tableros de partículas a un taller de madera, para hacerle el diseño estético del producto, es decir, un soporte de una “mini mesa para desayuno” con un el recubrimiento de una resina transparente en la parte superior de tablero de partículas.
- **Almacenamiento.** Se dejaron ubicados los tableros diseñados en un ambiente fresco, libre de humedad para conservar el producto.

Figura 1.

Diagrama de flujo del proceso de fabricación de tableros de partículas a base de cáscara de cacao y cáscara de arroz



Fuente: Autor

3.7. Tratamiento de los datos

Se realizó el análisis estadístico de los datos recopilados para cada una de las variables físico-químicas de estudio (Contenido de humedad, densidad, hinchazón del tablero, absorción del agua y tracción perpendicular a las caras del tablero) para la identificación del grosor más idóneo de los tableros, empleando el método de análisis de varianza (ANOVA), esto con la finalidad de establecer diferencia significativa entre los tratamientos, mientras que para determinar la diferencia de las medias se realizó una prueba de significancia Tukey ($p \leq 0.05$), estos se verán reflejados por medio del uso del programa estadístico “STATGRAPHICS” versión 16.1.03 y “Infostat” última versión español 2020.

3.8. Recursos humanos y materiales

Tabla 8.

Recursos humanos, materia prima, reactivos, equipos y varios materiales para la elaboración del proyecto de investigación

Recursos humanos

Tesista: Alba Mayerli Laborde Caicedo

Tutor: Ing. José Villarroel Bastida, MSc

Ing. Alfredo Tinoco

Lic. Luis Avilés

Maestro Santillán

Materia Prima

Cáscara de cacao

Cáscara de arroz

Reactivos e insumos

Goma (Blancola)

Cloro

Agua destilada

Resina de acabado

Detergente

Equipos

Balanza analítica

Estufa

Molino industrial

Prensadora Hidráulica

Materiales (varios)

Recipientes

Cofia

Guantes

Mandil

Calibrador	Mascarilla
Cortadora	Fundas de basura
Pulidora de madera	Pipetas
	Probetas
	Moldes de acero
	Láminas de tableros
	Fundas de temperatura
	Base de madera

Fuente: Autor

En el tercer objetivo se determinó el costo total de producción de los tableros de partículas por metro cuadrado a través del siguiente método:

3.8.1. Método de Costo total de Producción

Los costos de producción de los tableros se calcularon por el método directos, que fueron proporcionales a la producción, como la materia prima, y los costos indirectos, también llamados fijos que son independientes de la producción, como los impuestos que paga el edificio. Una vez calculados los tres elementos del costo del producto (materia prima, insumos y mano de obra), éstos se sumaron para obtener el costo de producción total (Mellado, 2010).

Procedimiento

- En un Excel se realizó una lista de los materiales directos, en la columna de “Descripción”. Sin confundirse los insumos con la materia prima.
- Luego en la siguiente columna se ubicó la “Unidad” y en el mismo orden de los materiales anotados, se indicó la unidad de medida que se tomó como referencia.
- Seguidamente se colocó el respectivo “Precio unitario” a cada unidad de medida establecida.
- En la siguiente columna se ubicó la “Cantidad”, donde se consignó la cantidad de materia prima que se utilizó en la elaboración del producto.
- Finalmente se procedió a multiplicar el valor de la “costo total” por el “precio unitario”.

El mismo procedimiento se aplicó para la cuadrícula de “Insumos”, la misma que sirvió para totalizar los costos de estos materiales.

De igual forma, se aplicó el mismo procedimiento para la cuadrícula de “Mano de obra”. En la ficha se establecieron las etapas generales de producción:

Preparación / Proceso / Acabado

3.8.1.1. Cálculo del costo total de producción

Una vez se calculó los tres elementos del costo del producto (materia prima, insumos y mano de obra), éstos se sumaron para obtener el costo de producción:

Costo total de producción = Materia prima + Insumos + Mano de obra.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Resultados del análisis de varianza de las propiedades físico-mecánicas

Anova multifactorial - Humedad

Variable dependiente: Humedad

Factores:

A. Mezclas de residuos

B. Grosor del tablero

Número de casos completos: 27

Tabla 9.

Análisis de Varianza del porcentaje de humedad en los tableros de partículas

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
Mezclas de residuos	289,801	2	144,9	15,95	0,0001
Grosor del tablero	203,531	2	101,766	11,20	0,0007
INTERACCIONES					
AB	377,962	4	94,4906	10,40	0,0002
RESIDUOS	163,553	18	9,08626		
TOTAL (CORREGIDO)	1034,85	26			

Fuente: Autor

Resultados: En la tabla 5 se muestran los resultados del análisis de varianza respecto al contenido de humedad de los tableros de partículas, según lo observado existe diferencia significativa entre los efectos principales que son el factor A (mezcla de residuos de cáscara de cacao y cáscara de arroz), factor B (grosos del tablero), y de igual manera en la interacción de los factores A x B (Mezcla de residuos de cáscara de cacao y cáscara de arroz + los grosos de los tableros). Puesto que 3 valores-P son menores que 0,05 estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre Humedad con un 95,0% de nivel de confianza. Por lo cual fue necesario realizar una prueba de significación de Tukey ($p < 0,05$) y definir deferencia en las medias.

4.1.2. Resultados de la prueba de significación (Tukey $p \leq 0,05$) con respecto a los factores de estudio en los análisis físico-mecánicos de los tableros de partículas

Tabla 10.

Resultados de la diferencia de medias del porcentaje de humedad en la elaboración de tableros de partículas con respecto al factor A (tipo de mezcla)

Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 3,62625			
Error: 9,0863 gl: 18			
Mezclas de residuos	Medias	n	
50 % CC + 50 % CA	24,13	9	A
30 % CC + 70 % CA	25,11	9	A
70 % CC + 30 % CA	31,52	9	B

Fuente: Autor

Resultados. De acuerdo al factor A (mezclas de residuos), se observó que existe diferencias de medias entre los tipos de mezcla de la prueba de significación Tukey ($p \leq 0,05$), donde muestra un valor bajo y continuo en la mezcla de (50 % CC + 50 % CA y 30 % CC + 70 % CA) mientras que el valor más alto se encuentra en la mezcla de (70 % CC + 30 % CA).

Tabla 11.

Resultados de la diferencia de medias del porcentaje de humedad en la elaboración de tableros de partículas con respecto al factor B (tipo de grosor)

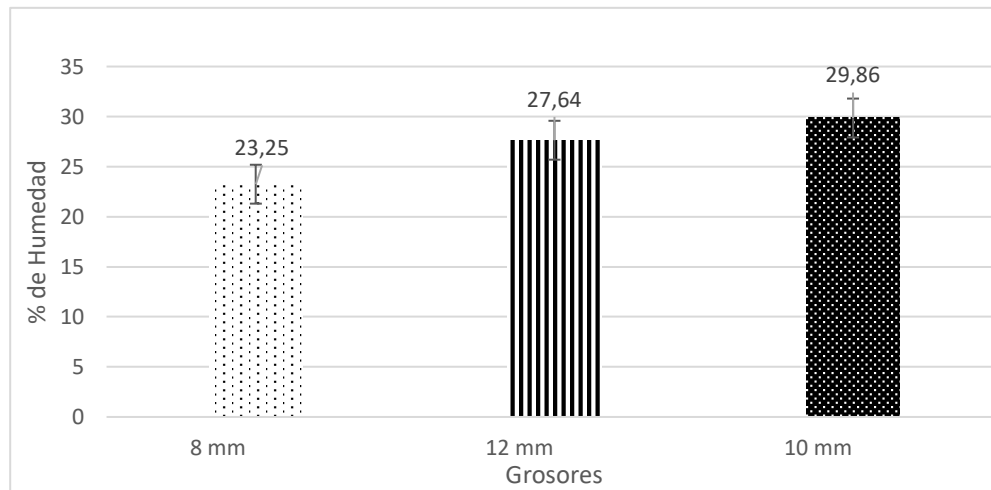
Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 3,62625			
Error: 9,0863 gl: 18			
Grosor del tablero	Medias	n	
8 mm	23,25	9	A
12 mm	27,64	9	B
10 mm	29,86	9	B

Fuente: Autor

Resultados. De acuerdo al factor B (grosor), se observó que existe diferencias de medias entre tipos de grosores de la prueba de significación Tukey ($p \leq 0,05$), muestra un valor de 29,86 % de humedad en el tablero que posee un grosor de (10 mm) a diferencia de los otros tableros de (8 mm) y (12 mm).

Figura 2.

Resultados de la diferencia de medias del porcentaje de humedad en la elaboración de tableros de partículas con respecto al factor B (Tipo de grosor)



Fuente: Autor

Tabla 12.

*Resultados de la diferencia de medias del porcentaje de humedad en la elaboración de tableros de partículas con respecto a la interacción de los factores A*B (Mezclas de residuos * Grosos)*

Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 8,62508

Error: 9,0863 gl: 18

Mezclas de residuos	Grosor del tablero	Medias	n			
50 % CC + 50 % CA	12 mm	19,77	3	A		
30 % CC + 70 % CA	8 mm	21,15	3	A		
50 % CC + 50 % CA	8 mm	21,55	3	A		
30 % CC + 70 % CA	10 mm	22,02	3	A		
70 % CC + 30 % CA	8 mm	27,06	3	A	B	
70 % CC + 30 % CA	12 mm	30,98	3		B	C
50 % CC + 50 % CA	10 mm	31,06	3		B	C
30 % CC + 70 % CA	12 mm	32,17	3		B	C
70 % CC + 30 % CA	10 mm	36,51	3			C

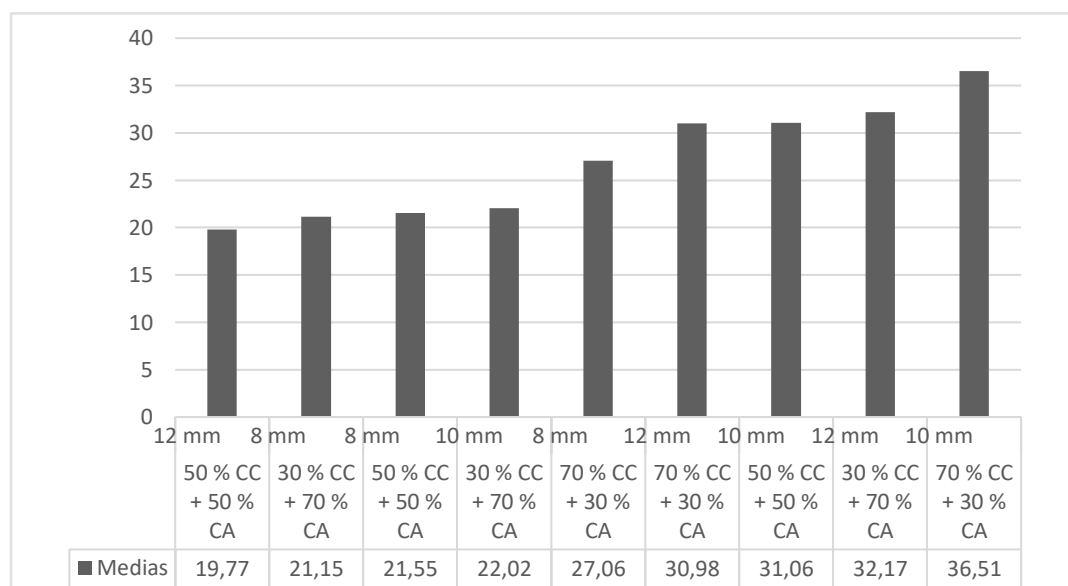
Fuente: Autor

Resultados. La tabla 5.2, indica el resultado de la interacción (A * B) en la variable humedad, el cual presentó diferencia significativa de medias con un valor superior de 36,51 % de humedad la mezcla (70 % Cáscara de cacao + 30 % Cáscara de arroz con un grosor de 10 mm), mientras que presenta un valor inferior de 19,77 % de humedad en la mezcla de (50 % Cáscara de cacao + 50 % cáscara de arroz con un grosor de 12 mm).

Discusión En relación a humedad, se obtuvo un valor superior de 36,51 % de humedad en la mezcla (70 % Cáscara de cacao + 30 % Cáscara de arroz con un grosor de 10 mm), mientras que presentó un valor inferior de 19,77 % de humedad en la mezcla de (50 % Cáscara de cacao + 50 % cáscara de arroz con un grosor de 12 mm). Con lo referente a la humedad se obtuvo un valor de 10 % en los tableros de madera de partículas desarrollado por (Chan et al., 2004). Con respecto a el Efecto de la humedad de equilibrio en la rugosidad de tableros de fibras de densidad media (MDF) Maderas posee lo que es un valor de 9,5 % de humedad (Diossa et al., 2017). En el Aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar *para* la fabricación de prototipos de tableros aglomerados obtuvo un valor del 12,76 % de humedad (Patricia & Morocho, 2020). En la fabricación de tableros de aglomerados de partículas de bagazo de caña de Tecno azúcar obtuvieron un rango de 5 % al 11 % de contenido de humedad (Wilver Contreras, 1999).

Figura 3.

*Resultados de la diferencia de medias del porcentaje de humedad, con respecto a la i interacción de los factores A*B (Mezclas de residuos * Grososres) con la prueba de significación Tukey*



Fuente: Autor

Anova multifactorial - Densidad de los tableros

Variable dependiente: Densidad Aparente

Factores:

A. Mezclas de residuos

B. Grosor del tablero

Número de casos completos: 27

Tabla 13.

Análisis de varianza de la densidad en los tableros de partículas

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS					
PRINCIPALES					
Mezclas de residuos	8172,07	2	4086,04	3244,79	0,0000
Grosor del tablero	3768,07	2	1884,04	1496,15	0,0000
INTERACCIONES					
AB	3985,48	4	996,37	791,24	0,0000
RESIDUOS	22,6667	18	1,25926		
TOTAL	15948,3	26			
(CORREGIDO)					

Fuente: Autor

Resultados: En la tabla 6, se muestran los resultados del análisis de varianza respecto a la densidad de los tableros de partículas, según lo observado existe diferencia significativa entre los efectos principales que son el factor A (mezcla de residuos de cáscara de cacao y cáscara de arroz), factor B (grosos del tablero), y de igual manera en la interacción de los factores A x B (Mezcla de residuos de cáscara de cacao y cáscara de arroz + Grosos de los tableros), puesto que los 3 Valores-P son menores que (0,05), es decir, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la densidad con un 95,0% de nivel de confianza. Por lo cual fue necesario realizar una prueba de significación de Tukey ($p < 0,05$) y definir deferencia en las medias.

Tabla 14.

Prueba de tukey de las medias de la variable densidad en la elaboración de tableros de partículas con respecto al Factor A (tipos de mezclas)

Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 1,34997				
Error: 1,2593 gl: 18				
Mezclas de residuos	Medias	n		
30 % CC + 70 % CA	342	9	A	
50 % CC + 50 % CA	361,33	9		B
70 % CC + 30 % CA	384,56	9		C

Fuente: Autor

Resultados. De acuerdo al factor A (mezclas de residuos), se observó que existe diferencias de medias entre los tipos de mezcla de la prueba de significación Tukey ($p \leq 0,05$), donde muestra un valor alto de 384,56 de densidad en la mezcla (70 % Cáscara de cacao + 30 % Cáscara de arroz) mientras que se presentó un valor de 342 de densidad en la mezcla de (30 % Cáscara de cacao + 70 % Cáscara de arroz).

Tabla 15.

Prueba de tukey de las medias de la variable densidad en la elaboración de tableros de partículas con respecto al factor B (tipo de grosor)

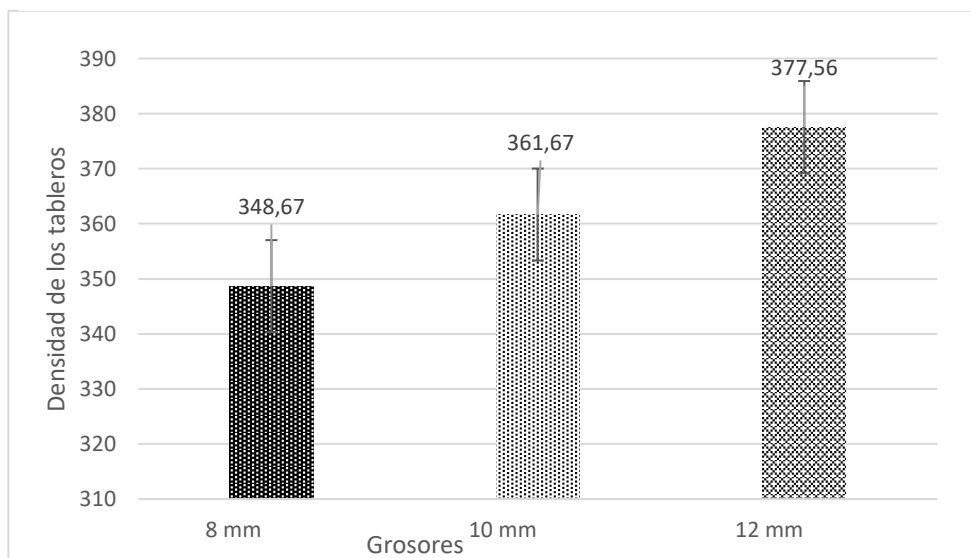
Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 1,34997				
Error: 1,2593 gl: 18				
Grosor del tablero	Medias	n		
8 mm	348,67	9	A	
10 mm	361,67	9		B
12 mm	377,56	9		C

Fuente: Autor

Resultados. De acuerdo al factor B (grosor del tablero), se observó que existe diferencias de medias entre tipos de grosores de la prueba de significación Tukey ($p \leq 0,05$), donde se presentó un valor alto de 377,75 kg/m³ de densidad en el tablero de partículas con un grosor de (12 mm) a diferencia de los otros tableros de con un grosor de (8 mm) y (10 mm).

Figura 4.

Diferencia de medias en la variable densidad en la elaboración de tableros de partículas con respecto al factor B (tipo de grosor)



Fuente: Autora

Tabla 16.

*Resultados de diferencia de medias de la densidad de los tableros de partículas con respecto a la interacción de los factores A*B (Mezclas de residuos * Grososores)*

Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 3,21091

Error: 1,2593 gl: 18	D80C79:L92			
Mezclas de residuos	Grosor del tablero	Medias	n	
30 % CC + 70 % CA	8 mm	325	3	A
50 % CC + 50 % CA	10 mm	336,67	3	B
30 % CC + 70 % CA	12 mm	347	3	C
30 % CC + 70 % CA	10 mm	354	3	D
50 % CC + 50 % CA	8 mm	355	3	D
70 % CC + 30 % CA	8 mm	366	3	E
50 % CC + 50 % CA	12 mm	392,33	3	F
70 % CC + 30 % CA	12 mm	393,33	3	F
70 % CC + 30 % CA	10 mm	394,33	3	F

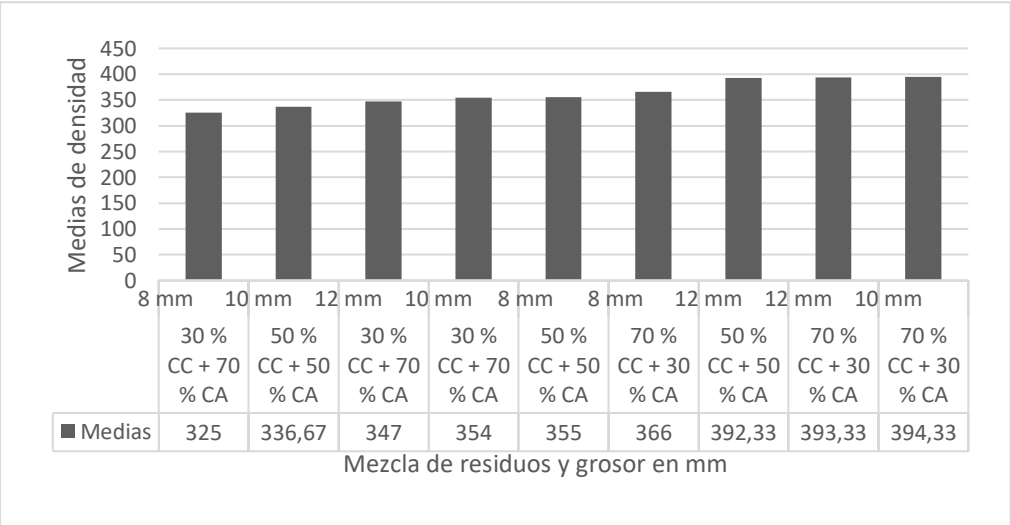
Fuente: Autor

Resultados. La tabla 5.3, indica el resultado de la interacción (A * B) en la variable densidad de los tableros de partículas, el cual presentó diferencia significativa de medias con un valor alto de 393,33 kg/m³ de densidad la mezcla de (70 % Cáscara de cacao + 30 % Cáscara de

arroz con un grosor de 10 mm), mientras que presentó un valor inferior de 325 kg/m³ de densidad en la mezcla de (30 % Cáscara de cacao + 70 % cáscara de arroz con un grosor de 8 mm).

Discusión En relación a la variable densidad, se obtuvo un valor superior de 393,33 kg/m³ de densidad en el tablero que contiene la mezcla de (70 % Cáscara de cacao + 30 % Cáscara de arroz con un grosor de 10 mm), mientras que presentó un valor inferior de 325 kg/m³ de densidad en la mezcla de (30 % Cáscara de cacao + 70 % cáscara de arroz con un grosor de 8 mm). Los valores de densidad son similares a los registrados por (Poblete et al., 2000), quienes determinaron un valor de media de 418 kg/m³. (Rangel et al., 2017) fabricaron tableros aglomerados de partículas con tres especies Eucalyptus grandis, Eucalyptus urophylla e Eucalyptus cloeziana, y obtuvieron una media en densidad de 700 kg/m³. Entonces la densidad de los residuos de la especie de cacao y arroz influyen en el consumo de adhesivo y la rugosidad superficial del tablero. Al usar especies que tengan una alta densidad provoca una disminución de la resistencia mecánica del tablero ya que habría poca tasa de compresibilidad de las partículas, provocando el aumento de la expansión lineal e hinchamiento del espesor en el tablero.

Figura 5.
*Resultados de la diferencia de medias en la densidad obtenida de los tableros de partículas con respecto a la interacción de los factores A*B (Mezclas de residuos * Grososres)*



Fuente: Autor

Anova multifactorial - Hinchazón del tablero

Variable dependiente: Hinchazón del tablero

Factores:

A. Mezclas de residuos

B. Grosor del tablero

Tabla 17.

Análisis de varianza para hinchazón del tablero de partículas

<i>Fuente</i>	<i>Sumade Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS					
PRINCIPALES					
Mezclas de residuos	97,7858	2	48,8929	54,41	0,0000
Grosor del tablero	9,79847	2	4,89923	5,45	0,0141
INTERACCIONES					
AB	36,3759	4	9,09397	10,12	0,0002
RESIDUOS	16,1737	18	0,898541		
TOTAL	160,134	26			
(CORREGIDO)					

Fuente: Autor

Resultados: En la tabla 7 se muestran los resultados del análisis de varianza respecto a la hinchazón de los tableros de partículas, según lo observado existe diferencia significativa entre los efectos principales que son el factor A (mezcla de residuos de cáscara de cacao y cáscara de arroz), factor B (grosos del tablero), y de igual manera en la interacción de los factores A x B (Mezcla de residuos de cáscara de cacao y cáscara de arroz + Grosos de los tableros), puesto que los 3 Valores-P son menores que (0,05), es decir, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la densidad con un 95,0% de nivel de confianza. Por lo cual fue necesario realizar una prueba de significación de Tukey ($p < 0,05$) y definir diferencia en las medias.

Tabla 18.

Prueba de tukey de la diferencia de medias en la variable hinchazón de los tableros de partículas con respecto al factor A (tipos de mezclas)

Test: Tukey Alfa: 0,05

DMS: 1,14034

Error: 0,8985 gl: 18

Mezclas de residuos	Medias	n	
30 % CC + 70 % CA	3,21	9	A
50 % CC + 50 % CA	5,72	9	B
70 % CC + 30 % CA	1	9	C

Fuente: Autor

Resultados. De acuerdo al factor A (mezclas de residuos), se observó que existe diferencias de medias entre los tipos de mezcla de la prueba de significación Tukey ($p \leq 0,05$), donde se obtuvo un valor alto de 5,72 % de hinchazón del tablero de partículas en la mezcla de (30 % Cáscara de cacao + 70 % Cáscara de arroz) mientras que se presentó un valor de inferior % de hinchazón en la mezcla de (70 % Cáscara de cacao + 30 % Cáscara de arroz).

Tabla 19.

Prueba de tukey de la diferencia de medias en la variable hinchazón de los tableros de partículas con respecto al Factor B (tipo de grosor)

Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 1,14034

Error: 0,8985 gl: 18

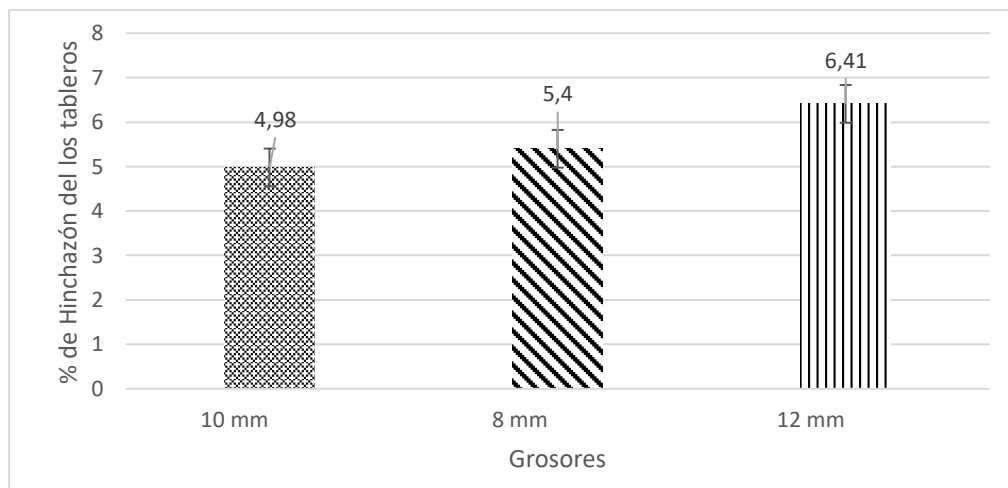
Grosor del tablero	Medias	n	
10 mm	4,98	9	A
8 mm	5,4	9	A B
12 mm	6,41	9	B

Fuente: Autor

Resultados. De acuerdo al factor B (grosor del tablero), se observó que existe diferencias de medias entre tipos de grosores de la prueba de significación Tukey ($p \leq 0,05$), donde se presentó un valor superior de 6,41 % de hinchazón del tablero de partículas con un grosor de (12 mm) a diferencia de los otros tableros de con un grosor de (10 mm) y (8 mm).

Figura 6.

*Resultados de la diferencia de medias del porcentaje de humedad en elaboración de tableros de partículas con respecto a la interacción de los factores A*B (Mezclas de residuos * Grososres).*



Fuente: Autor

Tabla 20.

*Resultados de la diferencia de medias en la variable hinchazón de los tableros de partículas con respecto a la interacción de los factores A*B (Mezclas de residuos * Grososres)*

Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 2,71231

Error: 0,8985 gl: 18

Mezclas de residuos	Grosor del tablero	Medias	n		
30 % CC + 70 % CA	8 mm	2,46	3	A	
30 % CC + 70 % CA	12 mm	2,97	3	A	
50 % CC + 50 % CA	10 mm	3,9	3	A	
30 % CC + 70 % CA	10 mm	4,2	3	A	B
50 % CC + 50 % CA	8 mm	4,82	3	A	B
70 % CC + 30 % CA	10 mm	6,83	3	B	C
70 % CC + 30 % CA	12 mm	7,83	3		C
50 % CC + 50 % CA	12 mm	8,45	3		C
70 % CC + 30 % CA	8 mm	8,94	3		C

Fuente: Autor

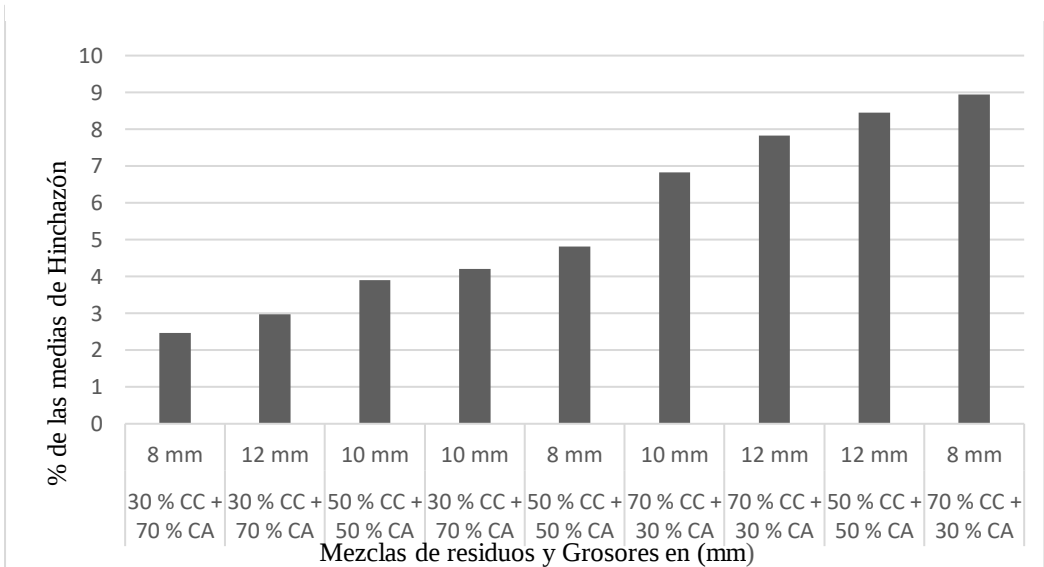
Resultados. La tabla 7.2, indica el resultado de la interacción (A * B) en la variable hinchazón de los tableros de partículas, el cual presentó diferencia significativa de medias

con un valor superior de 8,94 % de hinchazón en la mezcla de (70 % Cáscara de cacao + 30 % Cáscara de arroz con un grosor de 8 mm), mientras que presentó un valor inferior de 2,46 % de hinchazón en la mezcla de (30 % Cáscara de cacao + 70 % cáscara de arroz con un grosor de 8 mm).

Discusión. En relación a la hinchazón de las piezas del tablero en el transcurso de 2 h de inmersión en agua dentro de una probeta, se obtuvo un valor de media superior de 8,94 % de hinchazón en la mezcla de (70 % Cáscara de cacao + 30 % Cáscara de arroz con un grosor de 8 mm), mientras que presentó un valor inferior de 2,46 % de hinchazón en la mezcla de (30 % Cáscara de cacao + 70 % cáscara de arroz con un grosor de 8 mm). (Granero et al., 2013), obtuvieron un valor de media de 9,73 % de hinchamiento por 2 h de absorción de agua en la fabricación paneles aglomerados de partículas de cáscara de maní. La norma alemana DIN 68761-1 fija los requisitos para tableros de partículas de uso general, e indica que el hinchamiento luego de 2 horas de inmersión no debe ser mayor a 8 % (Poblete & Burgos, 2010). Lo que significa que este tipo de tableros de partículas cuando tienen valores elevados de absorción de agua e hinchamiento sugiere el uso en aplicaciones en espacios interiores, protegidos de la humedad natural y lluvias, ya que ha existido una compresión baja, que incluye una mayor porosidad en el tablero, es decir, mayor volumen de espacio vacío para acomodar un mayor volumen de agua.

Figura 7.

*Resultados de la diferencia de medias de la variable hinchazón de los tableros de partículas con respecto al interacción A*B (Mezcla de residuos * Tipo de grosor)*



Fuente: Autor

Anova multifactorial - Absorción de agua por sumersión de las piezas de los tableros

Variable dependiente: Absorción de agua

Factores:

A. Mezclas de residuos

B. Grosor del tablero

Número de casos completos: 27

Tabla 21.

Análisis de varianza de la Absorción de agua en los tableros de partículas

<i>Fuente</i>	<i>Suma Cuadrados</i>	<i>deGl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS					
PRINCIPALES					
Mezclas de residuos	37213,6	2	18606,8	22,63	0,0000
Grosor del tablero	7143,42	2	3571,71	4,34	0,0289
INTERACCIONES					
AB	4346,71	4	1086,68	1,32	0,2998
RESIDUOS	14800,2	18	822,233		
TOTAL (CORREGIDO)	63503,9	26			

Fuente: Autor

Resultados: En la tabla 7 se muestran los resultados del análisis de varianza respecto a la absorción de agua de los tableros de partículas, según lo observado existe diferencia significativa entre los efectos principales que son el factor A (mezcla de residuos de cáscara de cacao y cáscara de arroz), factor B (grosos del tablero), mientras que en la interacción de los factores A x B (Mezcla de residuos de cáscara de cacao y cáscara de arroz + Grosos de los tableros) no existe diferencia significativa, puesto que su valor-P es mayor que (0,05), Por lo cual fue necesario realizar una prueba de significación de Tukey ($p < 0,05$) y definir diferencia en las medias para los factores principales.

Tabla 22.

Prueba de tukey de la diferencia de medias en la variable la Absorción de agua por sumersión total de las piezas de los tableros de partículas con respecto al Factor A (tipos de mezclas)

Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 34,49556				
Error: 822,2335 gl: 18				
Mezclas de residuos	Medias	n		
30 % CC + 70 % CA	117,02	9	A	
50 % CC + 50 % CA	139,75	9	A	
70 % CC + 30 % CA	204,64	9		B

Fuente: Autor

Resultados. De acuerdo al factor A (mezclas de residuos), se observó que existe diferencias de medias entre los tipos de mezcla de la prueba de significación Tukey ($p \leq 0,05$), donde se obtuvo un valor alto de 204,64 % de adsorción de agua en el tablero de partículas en la mezcla de (70 % Cáscara de cacao + 30 % Cáscara de arroz) mientras que se presentó un valor de menor 117,02 % de adsorción de agua en la mezcla de (30 % Cáscara de cacao + 70 % Cáscara de arroz).

Tabla 23.

Prueba de tukey de la diferencia de medias en la variable Absorción de agua por sumersión total de las piezas de los tableros de partículas con respecto al Factor B (tipo de grosor)

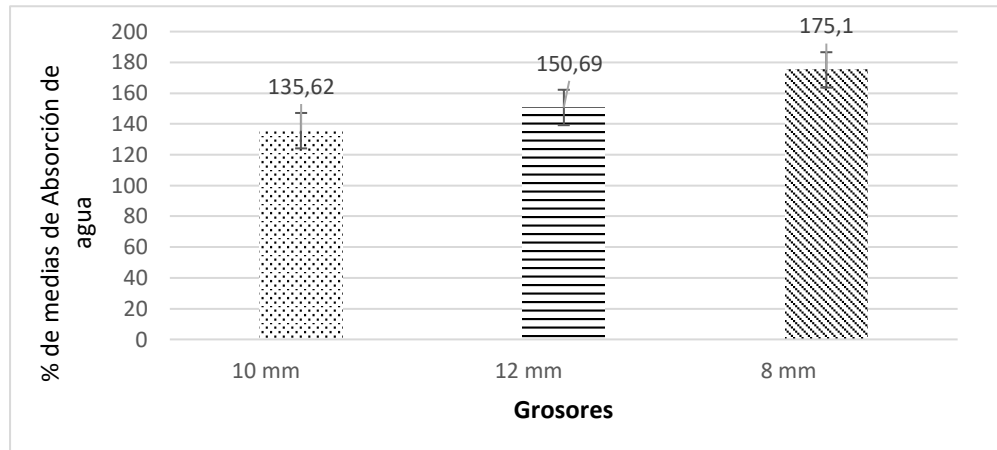
Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 34,49556				
Error: 822,2335 gl: 18				
Grosor del tablero	Medias	n		
10 mm	135,62	9	A	
12 mm	150,69	9	A	B
8 mm	175,1	9		B

Fuente: Autor

Resultados. De acuerdo al factor B (grosor del tablero), se observó que existe diferencias de medias entre tipos de grosores de la prueba de significación Tukey ($p \leq 0,05$), donde se presentó un valor superior de 175,1 % de adsorción de agua en el tablero de partículas que tuvo un grosor de (8 mm) a diferencia de los otros tableros de con un grosor de (10 mm) y (12 mm).

Figura 8.

Prueba de tukey de la diferencia de medias en la variable la Absorción de agua por sumersión total de las piezas de los tableros de partículas con respecto al Factor B (tipo de grosor)



Fuente: Autor

Tabla 24.

*Resultados de la diferencia de medias en la variable Absorción de agua por sumersión total de las piezas de los tableros de partículas con respecto a la interacción de los factores A*B (Mezclas de residuos * Grososres)*

Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 82,04805

Error: 822,2335 gl: 18

Mezclas de residuos	Grosor del tablero	Medias	n			
30 % CC + 70 % CA	12 mm	107,97	3	A		
30 % CC + 70 % CA	10 mm	117,02	3	A		
30 % CC + 70 % CA	8 mm	126,06	3	A		
50 % CC + 50 % CA	10 mm	127,37	3	A		
50 % CC + 50 % CA	12 mm	133,66	3	A	B	
50 % CC + 50 % CA	8 mm	158,22	3	A	B	
70 % CC + 30 % CA	10 mm	162,47	3	A	B	C
70 % CC + 30 % CA	12 mm	210,44	3		B	C
70 % CC + 30 % CA	8 mm	241,01	3			C

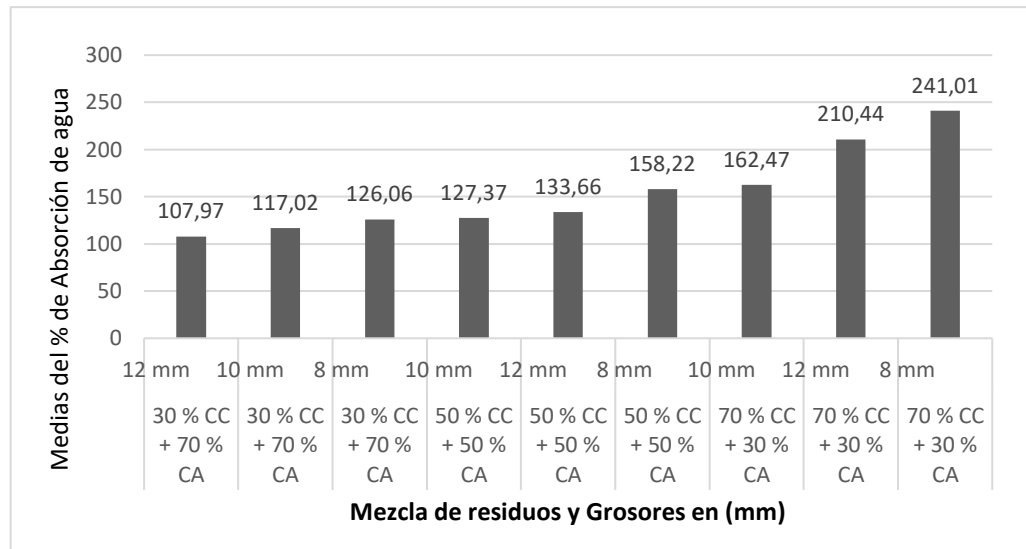
Fuente: Autor

Resultados. La tabla 8.2, indica el resultado de la interacción (A * B) en la variable de adsorción de agua en los tableros de partículas, el cual presentó diferencia significativa de medias con un valor superior de 241,0 % absorción de agua en la mezcla de (70 % Cáscara de cacao + 30 % Cáscara de arroz con un grosor de 8 mm), mientras que presentó un valor inferior de 107,97 % de absorción en la mezcla de (30 % Cáscara de cacao + 70 % cáscara de arroz con un grosor de 12 mm).

Discusión. En relación a la absorción de agua de las piezas del tablero en el transcurso de 2 h, se obtuvo un valor de media superior 241,0 % adsorción de agua en la mezcla de (70 % Cáscara de cacao + 30 % Cáscara de arroz con un grosor de 8 mm), mientras que presentó un valor inferior de 107,97 % de absorción de agua en la mezcla de (30 % Cáscara de cacao + 70 % cáscara de arroz con un grosor de 12 mm). (Granero et al., 2013) obtuvieron un valor de media de 86 % de absorción de agua en el transcurso de 2 horas en la fabricación paneles aglomerados de partículas de cáscara de maní. (Moreno et al., 2010) utilizaron de *Guadua angustifolia* en la fabricación de tableros de partículas, donde se obtuvo un valor promedio de 51,714% de la absorción de agua a 2 horas de inmersión. Según (Peredo & Torres, 1991) Las exigencias impuestas por la norma DIN 68763, que establece un hinchamiento máximo del 12% después de dos horas de inmersión en agua a 20° C, son cumplidas por la totalidad de los tableros que contienen agente hidrófobo. Entonces al no existir valores bajos de absorción de agua, y sobrepasar con valores demasiado altos, se asocia a tuvo una baja densidad y baja relación de compresibilidad del tablero, es decir, no tuvo relación de contacto entre las partículas encoladas del colchón y no fue comprimido en la prensa correctamente, dando paso a un mayor volumen de espacio vacío para acomodar un mayor volumen de agua.

Figura 9.

*Resultados de la diferencia de medias en la variable Absorción de agua por sumersión total de la pieza de los tableros con respecto a la interacción de los factores A*B (Mezclas de residuos * Grososres)*



Fuente: Autor

Anova multifactorial-Resistencia a la tracción perpendicular a las caras de los tableros de partículas

Variable dependiente: Resistencia a la tracción

Tabla 25.

Análisis de varianza de la Resistencia a la tracción perpendicular a las caras de los tableros de partículas

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Mezclas de residuos	7,3385-06	2	3,66925-06	***	0
B: Grosor del tablero	3,7663-05	2	1,88313-05	***	0
INTERACCIONES					
AB	2,3311-05	4	5,82773-06	***	0
RESIDUOS	0	17	0		
TOTAL (CORREGIDO)	6,5405-05	25			

Fuente: Autor

Resultados: En la tabla 8, según lo observado se presentó diferencia significativa entre los factores principales que son el factor A: mezcla de residuos y factor B: grosor del tablero, de igual manera no existe diferencia significativa en la interacción (A *B) Puesto no se observa valores en la suma de cuadrados, ni cuadrados medios.

Tabla 26.

Prueba de tukey de la diferencia de medias en la variable Resistencia a la tracción perpendicular a las caras de los tableros de partículas con respecto al Factor A (tipos de mezclas)

Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,00000				
Error: 0,0000 gl: 18				
Mezclas de residuos	Medias	n		
30 % CC + 70 % CA	0	9	A	
70 % CC + 30 % CA	0,01	9	B	
50 % CC + 50 % CA	0,01	9		C

Fuente: Autor

Resultados. De acuerdo al factor A (mezclas de residuos), se observó que existe diferencias de medias entre los tipos de mezcla de la prueba de significación Tukey ($p \leq 0,05$), donde se obtuvo un valor mayor de 0,01 kgf/cm² de tracción del tablero de partículas en la mezcla de (50 % Cáscara de cacao + 50 % Cáscara de arroz) mientras que se presentó un valor de 0 kgf/cm² de tracción en la mezcla de (30 % Cáscara de cacao + 70 % Cáscara de arroz).

Tabla 27.

Prueba de tukey de la diferencia de medias en la variable de resistencia a la tracción perpendicular a las caras de los tableros de partículas con respecto al Factor B (tipo de grosor)

Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,00000				
Error: 0,0000 gl: 18				
Grosor del tablero	Medias	n		
8 mm	0	9	A	
10 mm	0,01	9		B
12 mm	0,01	9		C

Fuente: Autor

Resultados. De acuerdo al factor B (grosor del tablero), se observó que existe diferencias de medias entre tipos de grosores de la prueba de significación Tukey ($p \leq 0,05$), donde se presentó un valor mayor de 0,01 kgf/cm² de del tablero de partículas en el grosor de (12 mm) a diferencia de los otros tableros de con un grosor de (10 mm) y (8 mm).

Tabla 28.

*Resultados de diferencia de medias respecto a la resistencia a la tracción perpendicular a las caras de los tableros de partículas con respecto a la interacción de los factores A*B (Mezclas de residuos * Grosores)*

Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,00000

Error: 0,0000 gl: 18

Mezclas de residuos	Grosor del tablero	Medias	n	
70 % CC + 30 % CA	8 mm	0	3	A
30 % CC + 70 % CA	8 mm	0	3	B
50 % CC + 50 % CA	10 mm	0,01	3	C
30 % CC + 70 % CA	12 mm	0,01	3	D
30 % CC + 70 % CA	10 mm	0,01	3	E
70 % CC + 30 % CA	10 mm	0,01	3	F
50 % CC + 50 % CA	8 mm	0,01	3	G
50 % CC + 50 % CA	12 mm	0,01	3	H
70 % CC + 30 % CA	12 mm	0,01	3	I

Fuente: Autor

Resultados. La tabla 9.2, indica el resultado de la interacción (A * B) en la variable fuerza de tracción en los tableros de partículas, presentó diferencia significativa de medias, con un valor de 0,01 kgf/cm² de tracción en la mezcla de (70 % Cáscara de cacao + 30 % Cáscara de arroz con un grosor de 12 mm), mientras que presentó un valor inferior de 0 kgf/cm² de tracción en la mezcla (70 % Cáscara de cacao + 30 % cáscara de arroz con un grosor de 8 mm).

Discusión. De acuerdo a los resultados indicados se ejerció una fuerza de tracción perpendicular del tablero de 0,01 kgf/cm² en la mezcla de (70 % Cáscara de cacao + 30 % Cáscara de arroz con un grosor de 12 mm), y de 0 kgf/cm² de tracción en la mezcla (70 % Cáscara de cacao + 30 % cáscara de arroz con un grosor de 8 mm).(Robert & Brown, 2004) Se constató una vez más que la resistencia del tablero depende tanto de la densidad del tablero como de la especie utilizada. Es así como a medida que la densidad del tablero

aumenta, aumenta su resistencia. Por lo que no existió un gran aumento de densidad debido a que se obtuvo una densidad baja.

4.2. Resultados del tamaño de partículas de la cáscara de cacao y cáscara de arroz por el método de tamizado

Tabla 29.

Resultados del porcentaje de la masa retenida en el tamiz de cuerdo a la evaluación del tamaño de partículas de la cáscara de cacao para la fabricación de los tableros.

Peso total (Cáscara de cacao)		46,62 g	
N° de tamiz	Medida del tamiz (µm)	Peso retenido (g)	(%) de masa retenida
1	500	32,23	69,13
2	200	8,36	17,93
3	90	6,03	12,93
4	75	0	0
Total =			100,00

Fuente: Autor

Resultados. En la tabla 25, se observa el peso total de una muestra molida de partículas de cáscara de cacao con (46,62 g), peso total que fue dividida por el peso de cada masa retenida en los tamices, multiplicado por 100 %, para sacar el porcentaje de masa retenida en cada tamiz. De acuerdo a los resultados obtenidos el porcentaje de masa retenida que obtuvo el tamiz de 500 micras fue de (69,13 %), el en el tamiz de 200 µm fue de (17,93 %) y el llegó al tamiz de 90 µm con (12,93 %).

Discusión. De acuerdo a los resultados obtenido según la metodología aplicada para conocer el tamaño de partícula de cáscara de cacao según el porcentaje de masa retenida seca, se establece que el mayor porcentaje de partículas retenidas de esta muestra se encuentra en el tamiz de 500 microfibras.

Tabla 30.

Resultado del porcentaje de la masa retenida en el tamiz de cuerdo a la evaluación del tamaño de partículas de la cáscara de arroz para la fabricación de los tableros

Peso total (Cáscara de arroz)		24,77 g		
N de Tamiz	Medida del tamiz (μm)	Peso Retenido (g)	% Masa retenida	
1	500 μm	20,81	84,01	
2	200 μm ,	2,5	10,09	
3	90 μm	1,46	5,89	
4	75 μm	0	0	
		Total =	100,00	

Fuente: Autor

Resultados. En la tabla 13, se observa el peso total de una muestra molida de partículas de cáscara de arroz de 24,77 g, Peso que fue dividido por el peso de cada masa retenida en los tamices, multiplicado por 100 % para sacar el porcentaje de masa retenida en cada tamiz. De acuerdo a los resultados obtenidos el porcentaje de masa retenida que obtuvo el tamiz de 500 micras fue de (84,01 %), el en el tamiz de 200 μm fue de (10,09 %) y el llegó al tamiz de 90 μm con (5,893 %).

Discusión. De acuerdo a los resultados obtenido según la metodología aplicada para conocer el tamaño de partícula de cáscara de arroz según el porcentaje de masa retenida seca, se establece que el mayor porcentaje de partículas retenidas de esta muestra se encuentra en el tamiz de 500 microfibras.

4.3. Resultados de la evaluación de los residuos de cáscara de cacao y cáscara de arroz

Tabla 31.

Resultados de la evaluación comparativa de las composiciones principales de los residuos de cáscara de cacao, cáscara de arroz y la madera

Composición Físico-química	Cáscara de arroz	Cáscara de cacao	Madera
Celulosa	25.89 – 35.5 %	34,4 %	50 %
Hemicelulosa	18.1 – 21.35 %	11,75 %	30 %
Lignina	18.20 – 24.6 %	43,6 %	25 %

Fuente: Autor

Resultados. A través de una investigación preliminar de la composición físico- química de las materias primas utilizadas en la fabricación de tableros de partículas, se estableció un cuadro comparativo, los mismos componentes que con tiene la madera, pero en diferentes proporciones. En la cáscara de cacao un rango de 25,89 hasta 35,5 % de contenido de celulosa, un 18,1 hasta 21,35 % de contenido de hemicelulosa y un 18,20 hasta 24,6 % de contenido de lignina. Mientras que en la cáscara de cacao un 34,4 % de celulosa, 11,75 % de hemicelulosa y 43,6 % de lignina.

Discusión. Observando los resultados obtenidos se podría decir que estos residuos se acercan a las proporciones reales de la composición de la madera, destacando que la materia de cáscara de cacao esta más cercana al porcentaje de celulosa y hemicelulosa en la madera y un se diferencia con un contenido del 43,6 % de lignina, mayor que la madera.

4.4. Resultados obtenidos del costo total de producción de los tableros de partículas en base al tercer objetivo

Tabla 32.

Resultados del costo total de producción de los tableros de partícula por metro cuadrado

Materia prima	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (USD)	Total (USD)	Precio tablero
	Cáscara de arroz	35	kg	\$ 0,10	\$ 3,50	
	Cáscara de cacao	35	kg	\$ 0,04	\$ 1,40	
				Subtotal 1:	\$ 4,90	
Insumos	Resina	5	lt	\$ 5,00	\$ 25,00	
	Goma Blancola	5	gal	\$ 10,00	\$ 50,00	
	Cloro	1	gal	\$ 2,00	\$ 2,00	
	Agua destilada	20	lt	\$ 0,10	\$ 2,00	
				Subtotal 2:	\$ 79,00	
Mano de obra	Preparación					
	Molde de acero	1	cm	\$ 80,00	\$ 80,00	
	Molino industrial	1	kg	\$ 9,00	\$ 9,00	
	Balanza	1	g	\$ 3,00	\$ 3,00	
	Proceso					
	Prensa Hidráulica	1	bar (kg/cm ²)	\$ 5,00	\$ 5,00	
	Estufa	1	BTU	\$ 5,00	\$ 5,00	
	Acabado					
	Estructura y diseño de tablero.	5	kg	\$ 4,00	\$ 20,00	
	Pago del maestro	5	jornal	\$ 7,00	\$ 35,00	
				Subtotal 3:	\$ 157,00	
Total, del costo de producción		Materia prima + Insumos + mano de obra			\$ 240,90	\$15,06

Fuente: Autor

Resultados: Cómo se puede observar en la tabla, el costo total de producción de los tableros de partículas se da mediante la suma total de la materia prima, insumos y mano de obra, en el cual se obtuvo un valor total de (\$ 240, 90), dicho valor es dividido por números de unidades producidas de tablero (27) dando como resultado en nuestro proceso de producción un valor de \$ 15,06 precio del tablero de partículas por metro cuadrado elaborado con residuos orgánicos de cáscara de cacao y cáscara de arroz.

Discusión: Para el cálculo del costo del producto fue necesario conocer los costos totales de producción, la cantidad de unidades a producir, obteniendo como resultado que tablero de partículas por metro cuadrado tuvo un costo de \$15 dólares. Según el (Rodríguez, 2019) en base al estudio económico aplicado en el Proyecto de factibilidad para la fabricación de tableros aglomerados con estopa de coco, obtuvo un costo total de producción de \$ 407.196 donde las unidades a producir de tableros fueron de 4800, obteniendo un costo del producto de \$96, 85. A diferencia que la fabricación de los tableros de partículas no fue de forma industrial, mencionando que el costo comercial de un tablero de aglomerados por metro cuadrado tiene un costo entre \$8 hasta \$16 dólares según la especie de residuos, entonces el costo final del tablero de partículas por metro cuadrado tendría una muy buena aceptación por lo tanto se deberá asegurar una posición futura en el mercado mediante el establecimiento de ventajas competitivas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se concluye que una vez que se aplicó un diseño experimental, se logró establecer las concentraciones en porcentajes para dicha mezcla de residuos de cáscara de cacao y cáscara de arroz, obteniendo un (30 % cáscara de cacao + 70 % cáscara de arroz), (50 % cáscara de cacao + 50 % cáscara de arroz) y (70 % cáscara de cacao + 30 % cáscara de arroz) pudiendo formular aquellos porcentajes en kg para la fabricación de tableros de partículas.
- Se concluye que el grosor más idóneo en la fabricación de tableros de partículas se identificó en el de 12 milímetros, ya que este obtuvo excelentes resultados con respecto a las propiedades físico-mecánicas con valores que se encuentra dentro de los rangos establecidos por la normas INEN, DIN 68763, UNE - EN 312:2010, obteniendo un (19,77 %) de humedad en la mezcla de 50 % Cáscara de cacao + 50 % cáscara de arroz con un grosor de 12 mm; con una densidad mayor de (393,33 kg/m³) en la mezcla 70 % Cáscara de cacao + 30 % cáscara de arroz con un grosor de 10 mm; con un hinchazón de tablero de 2,46 y 2,96 % en la mezcla de 30 % Cáscara de cacao + 70 % cáscara de arroz con un grosor de 8 y 12 mm; mientras que la adsorción de agua tuvo un valor inferior entre diferencia de las medias con 107,97 % en la mezcla de (30 % Cáscara de cacao + 70 % cáscara de arroz con un grosor de 12 mm), debido que la cáscara del cacao tiene una propiedades hidrofílica que adsorbe siempre mayor cantidad de agua y finalmente la tracción perpendicular del tablero con un valor de 0,01 kgf/cm² en la mezcla de (70 % cáscara de cacao + 30 % cáscara de arroz con un grosor de 12 mm). Grosor que se identifica como un tablero P2, para aplicaciones de interior en ambiente seco.
- A través de la recopilación de los costos de inversión en las materias primas, insumos, mano de obra para la fabricación de tableros de partículas, se determinó que el costo total de la producción fue de \$240,90 centavos, siendo este valor dividido para las 27 unidades fabricadas, adicional se obtuvo un costo unitario de \$9 dólares el tablero por metro cuadrado. Pudiendo mencionar que, de acuerdo a una investigación de mercado los tableros tradicionales de madera por metro cuadrado tienen un costo aproximado de \$8 hasta \$16 dólares según la madera, por lo tanto, es posible que los tableros de partículas a base de residuos de cáscara de cacao y cáscara de arroz tengan

una buena aceptación y puedan ser industrializados por su accesible costo, buenas propiedades físico-mecánicas y aprovechamiento de residuos asegurando una posición competitiva en el mercado.

5.2. Recomendaciones

- Mejorar el proceso de mezclado entre residuos lignocelulósicos y resina con el fin de homogenizar y lograr la impregnación de todo el residuo.
- Realizar pruebas de elaboración de tableros con otras gomas o resinas para poder realizar el proceso de termocompresión.
- Proponer la elaboración de tableros de partículas como una alternativa viable para el aprovechamiento de residuos agroindustriales que están en abundante desperdicio, con es la cáscara de cacao y cáscara de arroz, para así poder fabricar materiales utilizables para darle un mejor uso en nuestra vida cotidiana, reducir un poco la utilización de la madera para evitar cortar árboles y disminuir la contaminación ambiental.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- A. Valverde. (2007). Análisis comparativo de las características físicoquímicas de la cascarilla-de-arroz. *Scientiaet-Technica*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4784298>
- Alvarado, J., Vega, B., & Porras, M. (2013). *Caracterización del subproducto cascarillas de arroz en búsqueda de posibles aplicaciones como materia prima en procesos*. 23(1), 87–102. <https://repositorio.conare.ac.cr/handle/20.500.12337/3282>
- Aracuco Industria de México S.A. de C.V. (2020). *Resina Urea-Formaldehido UF*. ASTM. (2011). *Terminología estándar relacionada con Materiales de fibra a base de madera y panel de partículas* (D1554 – 10). <https://doi.org/10.1520/D1554>
- Bavaresco, G. (2016). Clasificación de las Prensas. In *Prensas*. gabpingeneria.weebly.com/uploads/2/0/1/6/20162823/prensas.pdf
- Chan, M., Araujo, O., García, M. ., & Solís, R. (2004). Tableros de madera de partículas. *Ingeniería*, 8(3), 39–46. <https://www.redalyc.org/pdf/467/46780304.pdf>
- Chumo, L., & González, J. (2017). *Ecotableros a base de residuos agroindustriales de cascarilla de arroz y bagazo de caña de azúcar en el cantón Tosagua, Manabí*. [Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Mabel Félix]. <http://190.15.136.145/bitstream/42000/673/1/TMA152.pdf>
- Clotario, T., Cecilia, P., Alcides, L., & Galindo, C. G. (2009). *Elaboración de tableros de partícula fina a partir de residuos lignocelulósicos y resinas termoestables*. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/4759>
- Costales, R. (2017). La industria nacional de tableros de partículas; riesgos y retos. Perspectivas de diversificación. *ICIDCA. Sobre Los Derivados de La Caña de Azúcar*, 51(3), 65–71. <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223158039010.pdf>
- Cuichán, M., Márquez, J., & Orbe, D. (2020). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria continua, 2018. In *Boletín Técnico N° 01-2018-GAD Municipales*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2018/Boletin_tecnico.pdf
- Delgado, N. (2018). “*Plan de manejo integral de residuos derivados de la extracción de la*

pulpa de cacao en la hacienda Bellavista, Luz de América, provincia de Azuay-Ecuador”[Universidad-de-Cuenca].

[https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/30454/1/Trabajo de titulación.pdf](https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/30454/1/Trabajo%20de%20titulaci%C3%B3n.pdf)

Díaz, A., Ramón, B., & Moreno, G. (2022). Caracterización físico-química de la cáscara de mazorca de cacao como posible uso en la elaboración de tableros aglomerados. *Rev.Investig.Desarro.Innov.*,12(1),97–106
doi:10.19053/20278306.V12.n1.2022.14211

Díaz, W. P. L. (2010). “ *Implementación de un Sistema Acabado de Estampado del Cuero Tipo Ruso en La Empresa Calzado Bryan ' S '* ” [Universidad Técnica de Ambato].
[https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1808/1/Tesis I. M. 49 - LLamuca Díaz William Patricio.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1808/1/Tesis%20I.%20M.%2049%20-%20LLamuca%20D%C3%ADaz%20William%20Patricio.pdf)

Diossa, G., Velásquez, J. A., Quintana, G. C., & Gómez, V. (2017). Efecto de la presión de prensado y la adición de lignina kraft en la producción de tableros aglomerados autoenlazados a partir de (*gynerium sagittatum*) pretratada con vapor. *Maderas: Ciencia y Tecnología*, 19(4), 525–538.

<https://doi.org/10.4067/S0718-221X2017005000045>

Franco, M., Ramírez Hernández, M., García Gómez, R. S., Bernal González, M., Espinosa Aquino, B., Solís Fuentes, J. A., & Durán De Bazúa, C. (2010). Reaprovechamiento integral de residuos agroindustriales: cáscara y pulpa de cacao para la producción de pectinas. *Revista Latinoamericana El Ambiente y Las Ciencias*,1(2),45–66.
[http://cmas.siu.buap.mx/portal_pprd/work/sites/rlac/resources/LocalContent/24/1/RE APROVECHAMIENTO INTEGRAL Franco-Castillo.pdf](http://cmas.siu.buap.mx/portal_pprd/work/sites/rlac/resources/LocalContent/24/1/RE%20APROVECHAMIENTO%20INTEGRAL%20Franco-Castillo.pdf)

González, D. (2020). *Sustitución parcial de la harina de trigo (triticum spp) por la de corteza de cacao (theobroma cacao) en la elaboración de galletas aplicando el metodo polish (Trabajo de titulación)* [UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR].
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GONZALEZ-GARCIA-DAYANA-GISELLA.pdf>

Granero, V., Gatani, M., Medina, J. C., Ruiz, A., Fiorelli, J., Kreiker, J., & Lerda, M. J. (2013). Determinación de la influencia del tamaño y forma de partículas de cáscaras de maní en paneles aglomerados. *Quebracho (Santiago Del Estero)*, 21(2), 67–80.
<https://www.redalyc.org/pdf/481/481300000008.pdf>

Hidalgo Molina, A. M. (2013). Diseño de un Proceso para la Elaboración de Tableros

- Aglomerados a Partir de Envases Tetra Pak [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. In *Facultad-de-Ciencias: Vol. Bachelor*.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2504>
- INEC. (2021). Boletín Técnico “Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua, 2020.” *Boletín Técnico*, 1–15.
- INEN. (2013a). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1162: Primera revisión. Determinación de la densidad aparente en maderas. In *Inen: Vol. First Edit*.
https://gestionambiental.pastaza.gob.ec/biblioteca/legislacionambiental/patrimonio_natural/nte_inen_2176_1_agua_calidad_agua_muestreo_tecnicas_muestreo.pdf
- INEN. (2013b). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 896: Segunda revisión. Tableros de madera aglomerada, contrachapada y de fibras de madera (Mdf). Determinación Del-Contenido-De-Humedad. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/897-2.pdf>
- INEN. (2013c). Tableros de madera aglomerada. Determinación de la resistencia a la tracción perpendicular a las caras. Norma Técnica NTE INEN 898: Primera revisión. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/898.pdf>
- INEN. (2016). Norma Técnica Ecuatoriana INEN 3110 Tableros de partículas. Requisitos. In *Norma Técnica Ecuatoriana, Instituto Ecuatoriano de Normalización, Tableros de partículas*.
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_3110.pdf
- Instituto Nacional de Metrología de Colombia. (2022). Guía para determinación de contenido de Humedad en granos y cereales. https://inm.gov.co/web/wp-content/uploads/2022/11/17_2022_Guia-determinacion-contenido-de-humedad.pdf
- Jeklin, A. (2016). Plan de factibilidad para la producción y comercialización de tableros de aglomerados de cascarilla de arroz para la elaboración de muebles en los mercados extranjeros. July, 1–23.
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/4460>
- Klauditz, W. (1998). Tablero-de-partículas.
[http://www.cscac.com/area_tecnica/aitim/actividades/act_paginas/libro/14 Tableros de partículas.pdf](http://www.cscac.com/area_tecnica/aitim/actividades/act_paginas/libro/14%20Tableros%20de%20part%C3%ADculas.pdf)
- Maceda, A., Soto-Hernández, M., Peña-Valdivia, C. B., Trejo, C., & Terrazas, T. (2021).

- Lignina: composición, síntesis y evolución. *Madera y Bosques*, 27(2), 16.
<https://doi.org/10.21829/myb.2021.2722137>
- Macías, G.(2018). *Ficha técnica Goma para pegar “Blancola.”*
<http://www.disma.com.ec/wp-content/uploads/2018/03/FT-IDI-014-DISMA-BLANCOLA.docx.pdf>
- Mellado, N. (2010). Guía práctica para el cálculo de costos de producción y determinación de precios. In “*Modelo de Articulación para la Internacionalización de las PYMES de la Región Andina N° DCI-ALA/19.09.01/08/19165/164094/AL-INVEST IV-4*” Consultora. http://www.perucam.com/perucam_new/pdf/bv/2. Guia Practica para el calculo de Costos de Produccion y determinacion de precios.pdf
- Moreno, P. A., Garay, D. A., Durán, J. A., Styles, V. W., & Trejo, S. S. (2010). Utilización de tallos de *Guadua angustifolia* en la fabricación de tableros de partículas. *Forest Systems*, 19(2), 241–248. <https://doi.org/10.5424/fs/2010192-01318>
- Moreno Regan, U. (2008). Cálculo y Diseño de una Prensa Hidráulica tipo “C” con capacidad de 20 Toneladas [Instituto Politécnico Nacional Superior de Ingeniería Mecánica-y-Eléctrica].In-*Cic.Ipn.Mx*.
<http://www.cic.ipn.mx/sitioCIC/images/sources/cic/tesis/B020892.pdf>
- Moscoso, J., & Gutiérrez, C. (2009). Técnicas de Secado de la Madera. *Centro de Innovación-Tecnológico-de-La-Madera*,1–65.
<https://dasonomia.files.wordpress.com/2016/11/secado-maderas-apuntes.pdf>
- Patricia, A., & Morocho, D. (2020). *Aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) en la fabricación de prototipos de tableros aglomerados en la provincia de Pastaza* [Universidad estatal amazónica].
<https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/702/1/T.AGROIN.B.UEA.0028>
- Paz Fong, F. (2008). *Determinación de la composición química de la madera obtenida del primer clareo en árboles de melina (Gmelina arborea Roxb.), de una plantación proveniente del departamento de Izabal.* 122.
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1090_Q.pdf
- Peredo, M., & Torres, E. (1991). Fabricación de tableros de partículas con desechos industriales. *Bosque*, 12(1), 49–57.

- Pérez, A. (2012). Estructura y propiedades de la madera. *Monografía. Com*, 1–6.
<https://www.monografias.com/trabajos93/estructura-y-propiedades-madera/estructura-y-propiedades-madera.shtml>
- Poblete, H., & Burgos, R. (2010). Eucalyptus nitens como materia prima para tableros de partículas. *Maderas: Ciencia y Tecnología*, 12(1), 25–35.
<https://doi.org/10.4067/S0718-221X2010000100003>
- Poblete, H., Loncomilla, E., & Inzunza, L. (2000). Densidad del tablero de partículas y estabilidad-dimensional. *Bosque*, 21(2), 69–83.
<https://doi.org/10.4206/bosque.2000.v21n2-06>
- Pollard, E. L., Lee, P. D., Lippman, L. H., & Moore, K. A. (2009). El cultivo del cacao (theobroma cacao. L) en el Sureste de México. [Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”]. In *Journal of Human Development* (Vol. 6, Issue 1).
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4620/T17597MAZARIEGOS-PEREZ,YOANAANABELMONOG..pdf?sequence=1#:~:text=En la actualidad el cacao,participación tiene en la producción.>
- Prada, A., & Cortés, C. E. (2010). La Descomposición térmica de la cascarilla de arroz: Una alternativa de aprovechamiento Integral. *Orinoquia*, 14(2 sup), 155–170.
<http://orinoquia.unillanos.edu.co/index.php/orinoquia/article/view/103/539>
- Rangel, L., Moreno, P., Trejo, S., & Valero, S. (2017). Propiedades de tableros aglomerados de partículas fabricados con madera de Eucalyptus urophylla. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, 19(ahead), 0–0.
<https://doi.org/10.4067/s0718-221x2017005000032>
- Robert, B., & Brown, E. B. (2004). Resistencias mecánicas de tableros de partículas producidos con mezclas de especies chilenas. *Bosque*, 1, 1–14.
<http://revistas.uach.cl/pdf/bosque/v7n1/art05.pdf>
- Rodriguez, J. (2019). Proyecto de factibilidad para la fabricación de tableros aglomerados con estopa de coco [Universidad Técnica De Cotopaxi]. In *Sistema Biodigestor*.
<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6265>
- Santillan, A. (2011). *Tableros de Partículas y su las clasificaciones más habituales hacen referencia-a-la-cabado-superficial-y-a-sus-usos*.
https://infomadera.net/uploads/productos/informacion_general_455_Tableros_PARTÍ

- Simeon. (2017). Análisis de tamaño de partículas por tamizado en agregado fino y grueso y determinación de material más fino que el tamiz No. 200 en agregado mineral por lavado. *Universidad Centroamericana*, 1(01), 15.
file:///C:/Users/alum.fial8/Desktop/shi/GRANULOMETRIA.pdf
- Souza, J. T. de. (2012). *Aproximación da cascarilla de arroz para fabricación de chapas aglomeradas* [Universidad Federal de Santa Maria].
[https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/8700/SOUZA%2C JOEL TELLES DE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/8700/SOUZA%2C%20JOEL%20TELLES%20DE.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Tapia, C. V. (2009). *“Elaboración de Tableros de Partícula Fina a partir de Residuos Lignocelulósicos y Resinas Termoestables.* [Escuela Superior Politécnica del Litoral].
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13336/3/Portada.pdf>
- Ucha, J. S. (2013). *Formulación y Caracterización de adhesivos para tableros de madera empleando taninos de la cáscara de castaña y de la corteza de eucalipto* [Universidad de Santiago de Compostela].
https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/9583/rep_565.pdf?sequence=1
- Vivanco, E., Matute, L., & Campo, M. (2017). Caracterización fisicoquímica de la cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedades nacional y CCN51. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. file:///C:/Users/Mi Pc/Downloads/309-Texto del artículo-477-1-10-20180718.pdf
- Wilver Contreras, Y. C. (1999). Elaboración de tableros aglomerados de partículas de caña brava (*gynerium sagittatum*) y adhesivo urea–formaldehído. *Rev. Forest. Venez.*, 43(2), 129–135.
http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/24194/articulo43_2_1.pdf;jsessionid=7F714C311701FEA3EDD62807D437C39B?sequence=1
- Zambrano, L., Moreno, P., Muñoz, F., Durán, J., Garay, D., & Valero, S. (2013). Tableros de partículas fabricados con residuos industriales de madera de *Pinus patula*. *Madera Bosques*, 19(3), 65–80. <https://doi.org/10.21829/myb.2013.193328>

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1.

Fabricación de los tableros de partículas a partir de residuos de (Cáscara de arroz y cáscara de cacao)

Fabricación del molde desmontable para los tableros de partículas con medidas de (15 cm de alto x 40 cm de largo y 20 cm de ancho)



Dejar en remojo los residuos por 48h, luego colar y llevar se secar a la estufa la cáscara de arroz



Dejar en remojo los residuos por 48h, luego colar y llevar se secar a la estufa la cáscara de cacao



Secado los residuos en la estufa a 100 °C por 24 h, hasta alcanzar un contenido de humedad final del 10 %



Utilización del molino industrial para moler



Moliendo la cáscara de caca



Pesado del residuo de cáscara de arroz listos para moler



Pesado de los residuos picados de cáscara de cacao listos para moler



Pesado de la cáscara de arroz una vez molida en pequeñas partículas



Pesado de la cáscara de cacao una vez molida en pequeñas partículas



Ambos residuos molidos y pesados



Balanza manual, utilizada para determinar el peso total de las diferentes formulaciones en (%)



Se utilizó 5 galones de goma “Blancola” para pegado especial de madera



Se recortó papel aluminio para la utilizar en la fabricación de los tableros de partículas



Adición del 30% del 1 galón de goma hacia la mezcla de residuos molidos



Se realizó la mezcla de residuos con la goma de forma manual hasta que sea una mezcla homogénea



De acuerdo a las diferentes formulaciones se obtuvo aquí una mezcla homogénea lista para prensar de **(30% de cáscara de arroz + 70% de cáscara de cacao)**



De acuerdo a las diferentes formulaciones se obtuvo aquí una mezcla homogénea lista para prensar de **(50% de cáscara de arroz + 50% de cáscara de cacao)**



De acuerdo a las diferentes formulaciones se obtuvo aquí una mezcla homogénea lista para prensar de **(70% de cáscara de arroz + 30% de cáscara de cacao)**



Aplicación del papel de aluminio encima de la base de molde y agregamos poco a poco la mezcla de la masa según las formulaciones con sus respectivos grosores de (8mm; 10mm; y 12mm)



Pre-prensado del colchon de partículas, quedando homogéneamente en el molde



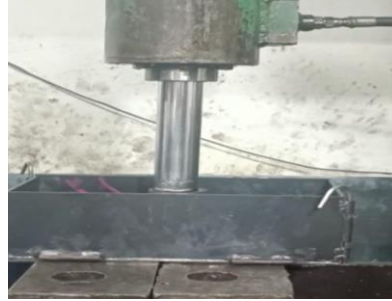
Se encendió la prensadora hidráulica para realizar el prensado de los tableros



Se ubicó el molde con los tableros en la prensadora hidráulica para realizar el respectivo prensado



A la prensadora Hidráulica se le aplicó una fuerza de 3 toneladas para comprimir los tableros de partículas



Anexo 2.

Determinación de las propiedades físicos-mecánicas de los tableros de partícula

Se retiró el papel aluminio



Tableros previamente prensados y sacados del molde



Anexo 3.

Determinación de porcentaje de humedad en los tableros de partículas

Datos tomados del peso inicial de los tableros húmedos de la formulación **(30% de cáscara de arroz + 70% de cáscara de cacao)** con grosores de (8mm;10mm y 12mm).



Datos tomados del peso inicial de los tableros húmedos de la formulación **(70% de cáscara de arroz + 30% de cáscara de cacao)** con sus respectivos grosores (8mm;10mm y 12mm)



Tableros en la estufa con una temperatura de 55 °C por 48 horas, para su respectivo secado y compactación de la masa con la goma.



Una vez cumplió su ciclo de secado, en una balanza analítica se tomó el peso final de los tableros de partículas



Peso final del tablero de partículas



Anexo 4.

Determinación de la densidad de los tableros de partículas

Se molieron los tableros completamente para determinar el volumen de la masa



Vaciando la muestra a la probeta de 100 ml para tomar su peso



Tomando datos del peso de muestra introducida en la probeta



Calculando la densidad a través de la fórmula $\text{masa sobre volumen}$



Anexo 5.

Determinación de Hinchazón y absorción de agua en los tableros de partículas

Se llevaron los tableros de las diferentes formulaciones a un taller de madera, donde se cortó en piezas de (8cm de largo y 3cm de ancho) para realizar los respectivos análisis físico-mecánicos en probetas



Piezas cortadas con una medida de (8cm de largo y 3cm de ancho) para realizar los respectivos análisis hinchazón y absorción



Se utilizó agua destilada para realizar el análisis de hinchazón y de la absorción de agua por sumersión total de la pieza del tablero de partículas



Utilización de 10 probetas con medidas de 500 ml, pinzas, cajas petri y agua destilada



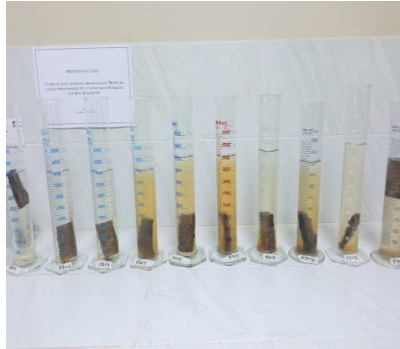
A las probetas de 500 ml se las llenaron de agua destilada con un volumen de 400 ml y se tomó el peso inicial de cada pieza



Se introdujeron las piezas en las probetas para tomar el volumen inicial de absorción.



Las piezas se dejaron reposando en el transcurso de 2h



Luego de transcurrir 2 horas, se sacó la pieza de la probeta con agua utilizando un cedazo



Se retiró el agua de las probetas y se llenaron nuevamente con agua destilada para repetir el experimento



Se tomó el peso final de la pieza que ha absorbido agua durante 2 h



Anexo 6.

Determinación de la resistencia a la tracción de los tableros de partículas

Se utilizaron las diferentes muestras de los tableros de partículas para el experimento



Se cortaron los tableros en una medida de 20 cm de largo y 13 cm de ancho



Se sujeto la pieza cortada entre las mordazas de la máquina para realizar la tracción de la misma.



Se bajo el pistón de la máquina a través de la carga ejercida por la presión del aire, haciendo que sea traccionada la pieza.



Anexo 7.

Determinación del tamaño de partículas de las cáscaras molida de cacao y arroz

Se utilizó 4 tamices con unidad de medida en micrómetros para el experimento



En una balanza analítica se pesó una cierta cantidad de ambos residuos



La muestra fue sacudida manualmente de forma circular para que pase por cada tamiz



Se retiro las porciones retenidas de cada tamiz



Se peso cada muestra retenida en unidad de gramos



Se obtuvo por separado el peso de cada muestra retenida de acuerdo a la medida del tamiz



Anexo 8.

Balance de materia del proceso de fabricación de los tableros

