



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

Proyecto de investigación previo a la
obtención del título de Ingeniero
Industrial.

Título del Proyecto de Investigación:

**Diseño de un sistema para la producción de planchas biodegradables a base de la tusa
de maíz**

Autores:

Daniel Oswaldo Rodríguez Bravo
Ariel Alexander Ullón Litardo

Director de Proyecto de Investigación:

Ing. Walter Joffred Jácome Vélez

Quevedo – Los Ríos – Ecuador.

2022



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Daniel Oswaldo Rodríguez Bravo**, declaro que la investigación aquí descrita es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos 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 normatividad institucional vigente.

Daniel Rodríguez Bravo

Daniel Oswaldo Rodríguez Bravo

C.C. # 120536871-3



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Ariel Alexander Ullón Litardo**, declaro que la investigación aquí descrita es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos 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 normatividad institucional vigente.

Ariel Alexander Ullón Litardo

C.C. # 1205348103



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ing. Walter Joffred Jácome Vélez**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que los estudiantes Ariel Alexander Ullón Litardo y Daniel Oswaldo Rodríguez Bravo, realizaron el Proyecto de Investigación de grado titulado **“DISEÑO DE UN SISTEMA PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANCHAS BIODEGRADABLES A BASE DE LA TUSA DE MAÍZ”**, previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

WALTER
JOFFRED
JACOME VELEZ

Firmado digitalmente
por WALTER JOFFRED
JACOME VELEZ
Fecha: 2022.11.21
12:01:01 -05'00'

Ing. Walter Joffred Jácome Velez

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



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

Yo, **Ing. Walter Joffred Jácome Vélez, MSc.**, director del Proyecto de Investigación titulado “**DISEÑO DE UN SISTEMA PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANCHAS BIODEGRADABLES A BASE DE LA TUSA DE MAÍZ.**”, me permito manifestar a usted y por intermedio del Consejo Académico de Facultad lo siguiente:

Que, los estudiantes **Daniel Oswaldo Rodríguez Bravo y Ariel Alexander Ullón Litardo**, egresados de la Facultad de Ciencias de la Industria y Producción, han cumplido con las correcciones, e ingresado su Proyecto de Investigación al sistema URKUND, certifico la siguiente información sobre el informe del sistema anti plagio con un porcentaje de 2%.



Document Information

Analyzed document	Proyecto de investigacion- Aglomerado de tusa de maiz (3).docx (D145488823)
Submitted	10/4/2022 12:50:00 AM
Submitted by	Moreira Menéndez Mercedes Cleopatra
Submitter email	mmoreira@uteq.edu.ec
Similarity	2%
Analysis address	mmoreira.uteq@analysis.arkund.com

WALTER
JOFFRED
JACOME VELEZ
Firmado digitalmente
por WALTER JOFFRED
JACOME VELEZ
Fecha: 2022.11.21
12:01:01 -05'00'

Ing. Walter Joffred Jácome Vélez, MSc

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE
SUSTENTACIÓN

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“DISEÑO DE UN SISTEMA PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANCHAS
BIODEGRADABLES A BASE DE LA TUSA DE MAÍZ”**

Presentado al Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial.

Aprobado por:

MARISOL
BETTY VELIZ
AGUILAR

Firmado digitalmente
por MARISOL BETTY
VELIZ AGUILAR
Fecha: 2022.11.22
16:00:27 -05'00'

Ing. Marisol Betty Veliz Aguilar, MSc

Presidente del tribunal



Firmado electrónicamente por:
EDISON MARCELO
MANCHENO PADILLA

Ing. Marcelo Mancheno Padilla, Msc

Miembro del tribunal



Firmado electrónicamente por:
JEYSON
PATRICIO EGAS
GARCIA

Ing. Jeyson Egas García, Msc.

Miembro del tribunal

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios y mis padres que me brindaron la fortaleza para nunca bajar los brazos y no rendirme a pesar de la adversidad.

También agradezco enormemente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y en especial a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Producción, que con sus docentes y administrativos han logrado forjarme como un profesional por medio de sus enseñanzas y programas de estudios, quedo infinitamente agradecido con esta institución.

Agradezco también al director del proyecto de investigación el Ing. Walter Joffred Jácome Vélez quien fue de gran ayuda durante este proceso de titulación, me brindo y compartió sus conocimientos además de sus consejos.

Daniel Oswaldo Rodríguez Bravo

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a mis padres que me brindaron la fortaleza para nunca bajar los brazos y no rendirme a pesar de la adversidad.

También agradezco enormemente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y en especial a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Producción, que con sus docentes y administrativos han logrado forjarme como un profesional por medio de sus enseñanzas y programas de estudios, quedo infinitamente agradecido con esta institución.

Agradezco también al director del proyecto de investigación el Ing. Walter Joffred Jácome Vélez quien fue de gran ayuda durante este proceso de titulación, me brindo y compartió sus conocimientos además de sus consejos.

Ariel Alexander Ullón Litardo

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación está dedicado principalmente a Dios por bendecirme y brindarme la sabiduría necesaria durante mi etapa de estudios.

A mi madre Ana Judit Bravo Pantoja y mi padre William Orando Rodríguez Bravo, quienes fueron los grandes artífices de este logro, gracias por todo el apoyo brindado durante todo el proceso de la carrera, siempre han sido el pilar fundamental para que salga adelante a pesar de los errores me dieron la mano y su incansable confianza para mi superación.

A mis hermanos, compañeros y amigos presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron de su conocimiento, alegrías y tristezas a todas aquellas personas que durante estos cinco años estuvieron apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad.

Daniel Oswaldo Rodríguez Bravo

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación está dedicado principalmente a Dios por bendecirme y brindarme la sabiduría necesaria durante mi etapa de estudios.

A mi madre Gladys Consuelo Litardo Sánchez y mi padre Nilo Amado Ullón Suarez, quienes fueron los grandes artífices de este logro, gracias por todo el apoyo brindado durante todo el proceso de la carrera, siempre han sido el pilar fundamental para que salga adelante a pesar de los errores me dieron la mano y su incansable confianza para mi superación.

A mi abuelo quien desde el cielo me ilumina para seguir adelante con mis proyectos.

A mis compañeros y amigos presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron de su conocimiento, alegrías y tristezas a todas aquellas personas que durante estos cinco años estuvieron apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad.

Ariel Alexander Ullón Litardo

RESUMEN

Este proyecto de investigación plantea una solución constructiva para materiales aislantes a partir de partículas de biomasa residual agrícola (tusa de maíz) con aglomerante de origen sintético (Blanca o Carpincol MR-60). El diseño del modelo constructivo plantea varias dosificaciones en relación con el peso tusa de maíz (50/50 y 70/30) y el tamaño de partícula (gruesa y media) con el propósito de generar valor agregado a este tipo de residuos y plantear una acción de mitigación ambiental para reducir la contaminación por residuos agrícolas. La caracterización térmica de la biomasa residual se la realiza por medio de la fabricación de tableros aglomerados de partículas para posteriormente determinar la influencia de los parámetros de diseño del tablero mediante el análisis de varianza, método Tukey, prueba de dureza Brinell. Los métodos de ensayo para el tablero se los realizó de acuerdo a la Norma INEN 3110-2016 en cuanto a productos biodegradables y posteriormente se determinó su rendimiento para garantizar su aplicación.

Palabras clave: Aglomerado, tusa de maíz, biomasa residual, biodegradable.

ABSTRACT

This research project proposes a constructive solution for insulating materials from residual agricultural biomass particles (corn cob) with a binder of synthetic origin (Blancola or Carpincol MR-60). The design of the constructive model proposes several dosages in relation to the corncob weight (50/50 and 70/30) and the particle size (coarse and medium) with the purpose of generating added value to this type of waste and proposing an action environmental mitigation to reduce contamination by agricultural residues. The thermal characterization of the residual biomass is carried out by means of the manufacture of agglomerated particle boards to later determine the influence of the design parameters of the board through the analysis of variance, Tukey method, Brinell hardness test. The test methods for the board were carried out according to the INEN 3110-2016 Standard in terms of biodegradable products and their performance was later determined to guarantee their application.

Keywords: Agglomerate, corncob, residual biomass, biodegradable.

INDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	III
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	IV
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.	V
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	VI
AGRADECIMIENTO	VIII
AGRADECIMIENTO	VII
DEDICATORIA.....	X
DEDICATORIA.....	IX
RESUMEN	II
ABSTRACT	III
INDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE ANEXOS	IX
CÓDIGO DUBLIN	X
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. PROBLEMATIZACIÓN	4
1.1.1. Planteamiento del problema	4
1.2. OBJETIVOS	5
1.2.1. Objetivo general.....	5
1.2.2. Objetivos específicos	5

1.3. JUSTIFICACIÓN-----	6
CAPÍTULO II	7
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	7
2.1. MARCO CONCEPTUAL-----	8
2.1.1. Residuos agroindustriales -----	10
2.1.2. Estimación de los volúmenes de residuos generados durante la producción de maíz. 10	
2.2. CULTIVO DE MAÍZ-----	10
2.2.1. Residuos de Maíz -----	11
2.2.2. Tusa de Maíz -----	12
2.2.3. Uso de la tusa de maíz-----	13
2.3. AGLOMERADO-----	13
2.4. TABLEROS COMPOSTABLE-----	13
2.4.1. Características de los tableros biodegradables-----	13
2.4.2. Ventajas Vs desventajas de los tableros biodegradables.-----	14
2.4.3. Tipos de tableros biodegradables.-----	15
2.5. PROCESO DE PLANCHAS COMPRIMIDAS BIODEGRADABLES A BASE DE TUSA DE MAÍZ. ---	16
2.6. MATERIALES PARA LA ELABORACIÓN DE LOS TABLEROS AGLOMERADOS. -----	17
2.6.1. Aglutinantes -----	17
2.6.3. Cola o Blancola -----	18
CAPÍTULO III	19
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	19
3.1. MÉTODO -----	20
3.1.1. Tipo de investigación-----	20
3.1.2. Diseño de investigación -----	20
3.1.3. Método de investigación -----	20
3.1.4. Fuentes de investigación -----	20
3.1.5. Diseño del proceso de experimentación -----	20
3.2. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO-----	21
3.3. VARIABLE A MEDIR -----	21
3.3.1. Variable dependiente -----	21
3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO -----	21

3.5. PROCESO DE ELABORACIÓN DE UN TIPO DE AGLOMERADO	21
CAPÍTULO IV	23
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
4.1. ESTABLECIMIENTO DE PARÁMETROS DE CALIDAD SEGÚN LA NORMA INEN 3110-2016 EN CUANTO A PRODUCTOS BIODEGRADABLES.	24
4.1.1. Dimensiones.	24
4.1.2. Volumen	24
4.1.3. Densidad	25
4.2. PRUEBA DE DUREZA DE LAS LÁMINAS DE AGLOMERADO A BASA DE TUSA DE MAÍZ	30
4.2.1. Análisis estadístico de un solo factor (ANOVA).....	31
4.3. IDENTIFICAR LAS ETAPAS DEL PROCESO Y MAQUINARIA NECESARIA PARA LA PRODUCCIÓN DE TABLEROS AGLOMERADOS A BASE DE TUSA DE MAÍZ.	36
4.3.1. Descripción de las etapas del proceso de producción.....	37
4.3.2. Separación de partículas	37
4.3.3. Mezclado de partículas y aglomerado	39
4.3.8. Prensado	44
4.4. Secado.....	45
4.4.1. Desmolde	45
4.5. PROPUESTA DE FLUJOGRAMA Y DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE TABLEROS AGLOMERADOS A BASE DE TUSA DE MAÍZ.	46
4.5.1. Distribución de planta mediante la simulación FlexSim	47
4.5.2. Diagrama de operaciones	48
4.5.3. Descripción de los procesos para la elaboración de tableros aglomerados a base de la tusa de maíz	49
4.6. DISCUSIÓN	51
CAPÍTULO V	52
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
5.1. CONCLUSIONES.....	53
5.2. RECOMENDACIONES	54
CAPÍTULO VI.....	55
6.1. BIBLIOGRAFÍA	56

CAPÍTULO VII.....	60
ANEXOS	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Dimensiones del tablero aglomerado	24
Tabla 2 Prueba de engrudo.....	26
Tabla 3 Insumos y cantidades	26
Tabla 4 Insumos y cantidades	27
Tabla 5 Descripción de la prueba del producto	27
Tabla 6 Insumo y cantidades.....	28
Tabla 7 Insumo y cantidades.....	28
Tabla 8 Insumos y cantidades	29
Tabla 9 Especificaciones Técnicas	29
Tabla 10 Calculo de las pruebas de dureza	30
Tabla 11 Análisis de varianza	31
Tabla 12 Comparaciones en parejas de Tukey.....	31
Tabla 13 Comparaciones en parejas de Fisher	32
Tabla 14 Comparaciones múltiples de Dunnett con un control	33
Tabla 15 Descripción de maquinarias para el proceso de producción de tableros aglomerados	36
Tabla 16 Relación Agua-Aglomerante.	40
Tabla 17 Características del Molde.	43
Tabla 18 Proceso de producción con tiempos.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tipos de tableros	16
Figura 2 Laminas para la prueba de dureza Brinell	30
Figura 3 Diferencias de medias simultáneas.....	31
Figura 4 Diferencia de medias para Densidad	32
Figura 5 Gráfica de media de control para Densidad	33
Figura 6 Gráfica de intervalos de Densidad vs Condición	34
Figura 7 Gráfica de valores individuales de Densidad vs Condición.....	34
Figura 8 Gráfica de caja de Densidad.....	35
Figura 9 Gráfica de residuos.....	35
Figura 10 Etapas del Proceso de Elaboración.....	37
Figura 11 Procesos preliminares a la etapa de Separación	37
Figura 12 Máquina de triturado.....	38
Figura 13 Separación de partículas.	39
Figura 14 Operaciones para la etapa del Mezclado.....	39
Figura 15 Pesado de la muestra.....	40
Figura 16. Preparación del aglomerado	41
Figura 17 Etapa de Mezclado de la tusa de maíz.	41
Figura 18 Parte final del mezclado adicionando resina a la mezcla.....	42
Figura 19 Operaciones previas a la Formación del Tablero	42
Figura 20 Preparación de molde.	43
Figura 21 Preparación del molde.	43
Figura 22 Formación del tablero	44
Figura 23 Prensado del aglomerado.	44
Figura 24 Desmolde del tablero.	45
Figura 25 Flujograma del proceso de producción de tableros aglomerados a base de la tusa de maíz.....	46
Figura 26 Distribución de planta mediante la simulación FlexSim.	47
Figura 27 Proceso de fabricación de tableros aglomerados a base de la tusa de maíz.....	50

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Visita técnica comercial Granja.	61
Anexo 2 Tusa de maíz molida.	61
Anexo 3 Elaboración del engrudo.	62
Anexo 4. Proceso de elaboración del aglomerado	62
Anexo 5 Proceso de prensado manual.	63
Anexo 6 Prensado manual.	63
Anexo 7 Tableros aglomerados acabo.	64
Anexo 8 Mezclando los residuos de la tusa con el adhesivo	65
Anexo 9 Formación del aglomerado	65
Anexo 10 Prensado manual	66
Anexo 11 Tablero aglomerado.	66
Anexo 12 Pulido de imperfecciones.	67
Anexo 13 Producto final.	67

CÓDIGO DUBLIN

Título:	“DISEÑO DE UN SISTEMA PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANCHAS BIODEGRADABLES A BASE DE LA TUSA DE MAÍZ”.			
Autor:	Daniel Oswaldo Rodríguez Bravo, Ariel Alexander Ullón Litardo.			
Palabras claves:	Aglomerado	Tusa de maíz	Biomasa residual	Biodegradable
Fecha de publicación:	2022			
Editorial:	Quevedo-UTEQ-2022			
Resumen: (hasta 300 palabras)	<p>Este proyecto de investigación plantea una solución constructiva para materiales aislantes a partir de partículas de biomasa residual agrícola (tusa de maíz) con aglomerante de origen sintético (Blancola o Carpincol MR-60). El diseño del modelo constructivo plantea varias dosificaciones en relación con el peso tusa de maíz (50/50 y 70/30) y el tamaño de partícula (gruesa y media) con el propósito de generar valor agregado a este tipo de residuos y plantear una acción de mitigación ambiental para reducir la contaminación por residuos agrícolas. La caracterización térmica de la biomasa residual se la realiza por medio de la fabricación de tableros aglomerados de partículas para posteriormente determinar la influencia de los parámetros de diseño del tablero mediante el análisis de varianza, método Tukey, prueba de dureza Brinell. Los métodos de ensayo para el tablero se los realizó de acuerdo con la Norma INEN 3110-2016 en cuanto a productos biodegradables y posteriormente se determinó su rendimiento para garantizar su aplicación.</p> <p>Palabras clave: Aglomerado, tusa de maíz, biomasa residual, biodegradable.</p> <p>Abstract: This research project proposes a constructive solution for insulating materials from residual agricultural biomass particles (corn cob) with a binder of synthetic origin (Blancola or Carpincol MR-60). The design of the constructive model proposes several dosages in relation to the corncob weight (50/50 and 70/30) and the particle size (coarse and medium) with the purpose of generating added value to this type of waste and proposing an action environmental mitigation to reduce contamination by agricultural residues. The thermal characterization of the residual biomass is carried out by means of the manufacture of agglomerated particle boards to later determine the influence of the design parameters of the board through the analysis of variance, Tukey method, Brinell hardness test. The test methods for the board were carried out according to the INEN 3110-2016 Standard in terms of biodegradable products and their performance was later determined to guarantee their application.</p> <p>Keywords: Agglomerate, corncob, residual biomass, biodegradable.</p>			
Descripción:	85 hojas: 29 x 21 cm + CD-ROOM 6162			
URI:				

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el crecimiento demográfico y la expansión de la industria en las actividades de la sociedad de consumo han provocado un aumento de la producción de aglomerado doméstico e industriales, especialmente algunos de los cuales son biodegradables. Este material a menudo no tiene valor para quienes lo poseen a nivel agrícola y puede causar contaminación ambiental y problemas de salud si no se maneja adecuadamente. En la mayoría de los casos, los residuos no se reciclan, sino que simplemente se queman sin tratamiento previo o se vierten en vertederos, ríos y arroyos, degradando así los ecosistemas. La disposición de los residuos sólidos es una necesidad y responsabilidad de todos los países del mundo, ya que es una de las amenazas al medio ambiente y responsable de satisfacer nuestras necesidades actuales y futuras.

En Ecuador la producción de tableros prensados se denomina madera prefabricada y se inició hace aproximadamente 15 años, utilizando pulpa de madera en algunos procesos para convertirse en tableros prensados, el crecimiento de su producción ahora es acelerado, a nivel mundial es de más de un millón de metros cúbicos, 75.000 toneladas, es un impacto en el proceso de deforestación. En la industria del mueble, es el alto precio de los productos terminados que se procesan durante la producción, lo que genera muchos costos, ineficiencias para el fabricante y, con el tiempo, aumenta la demanda de tableros prensados, lo que provoca una escasez de materias primas hasta las plantaciones forestales aptas obtienen esta astilla, que se utiliza como materia prima para la producción de tableros prensados, teniendo en cuenta el programa de desarrollo forestal que promueve el uso sostenible de los recursos forestales.

En el cantón Quevedo actualmente el estado del medio ambiente está movilizando a grandes y pequeñas empresas a formular, desarrollar y aplicar diferentes estrategias para una adecuada gestión de los residuos” [1]. Sin embargo, el panorama no es alentador, ya que el crecimiento de la población y los hábitos de consumo humano son factores que afectan negativamente y amenazan la sostenibilidad del planeta. Además: “Aunque la gestión de residuos sólidos es un problema social, la política del gobierno es defectuosa y reducir su impacto sigue siendo un desafío”. [2].

Es por esto, que esta investigación se ha enfocado en el tema de productos biodegradables amigables con el medio ambiente, el cual pretende dar respuesta a la siguiente pregunta.

¿Con la reciente propuesta de tableros aglomerados? ¿Se mejorará la conservación del medio ambiente a partir del planteamiento de un proceso para el desarrollo de planchas biodegradables a base de tusa de maíz?

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problematización

1.1.1. Planteamiento del problema

En el área de la agricultura la quema de residuos de maíz, ha sido uno de los problemas con mayor causa degradación en el medio ambiente por las emisiones que genera, como ejemplos tenemos, monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), material particulado (PM) a estos procesos se suma la erosión el cual es un agente principal de la contaminación en los suelos debido al deterioro progresivo de la materia orgánica y nutrientes que son componentes esenciales para mantener su productividad [3]. Además, hay pocas compañías o muchas otras formas de gestionar y controlar problemas de desechos sólidos y servirán como ejemplo para crear suficiente conciencia y, por lo tanto, causar un gran cambio en el entorno [4].

En Ecuador hay pocas empresas que se “dedican al desarrollo y producción de productos de aglomerados biodegradables que contribuyan de una forma u otra a la reducción de la contaminación ambiental” [5]. De igual manera, en el país existen muchos productos de origen biodegradables que pueden ser utilizados como materia prima pero que aún no han sido utilizados como la, cascarilla de arroz, bagazo de la caña de azúcar, hoja de plátano, cascara de cacao y mazorca de maíz. Por su composición natural, se descomponen en poco tiempo al entrar en contacto con la tierra, y también se utilizan como abono después de su uso [6].

Durante la cosecha de maíz suele se desperdicia la biomasa que conforma la planta, la misma que se encuentra distribuida entre la tusa, las hojas y el tallo generando entre el 50 y 60% de los residuos. Los subproductos de la cosecha del maíz (tallos, hojas y tusa), [7] son quemados en las plantaciones debido a costumbres y tradiciones agrícolas, para lo cual el productor desea preparar el suelo para las futuras cosechas. Generando contaminación a través del monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO₂).

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Diseñar un sistema para la producción de planchas biodegradables a base de la tusa de maíz.

1.2.2. Objetivos específicos

- Establecer los parámetros de calidad según la norma INEN 3110-2016 en cuanto a productos biodegradables.
- Identificar las actividades y maquinaria necesaria dentro del proceso de producción de tableros comprimidos a base de la tusa de maíz.
- Proponer flujogramas y distribución de planta para el proceso de producción de tableros comprimidos a base de la tusa de maíz.

1.3. Justificación

Los productos de aglomerados poco a poco se están abriendo un espacio en la sociedad de consumo, lo que demuestra que existe una gran demanda de estos en el mercado. Por lo tanto, esta es una oportunidad para que estos productos se posicionen y se conviertan en líderes del mercado. Sin embargo, aún existe un desconocimiento sobre las técnicas de diseño y fabricación de planchas comprimidas, así como de los diferentes tipos que existen y sus propiedades. [8] Durante el desarrollo del proyecto se buscó seguir los correctos procesos de producción con el fin de promover la concientización sobre el uso de desechables biodegradables, los cuales se acumulan año tras año y afectan negativamente a diversos ecosistemas.

Es importante generar un punto de vista completamente distinta entre los ecuatorianos, ya que, al utilizar la tusa de maíz como principal materia prima de este producto, se brindará una opción como aporte económico a las familias que dependen de la agricultura. [9] y en muchos casos, no son conscientes de los diversos usos de este material, donde se pueden crear y poner a disposición artículos cotidianos que pueden hacer una contribución positiva al medio ambiente al ser amigables con la tierra. El objetivo del proyecto es contribuir a reducir el impacto ambiental causado por la quema indiscriminada de residuos de maíz, que contamina en gran medida las zonas rurales y urbanas del Ecuador, así como promover el uso pleno y más consciente de los recursos naturales; entre otras cosas, se pretende proporcionar un producto para el uso diario en el hogar [10].

Esta es una alternativa que no solo satisface las necesidades, sino que además es limpia y respetuosa con el medio ambiente. Ha habido una mayor conciencia de cómo reducir la quema de residuos y educar a las personas sobre los beneficios y la importancia de proteger el medio ambiente dentro de unos límites; una de las fortalezas del proyecto es la demanda existente para estos productos restantes, por lo que esta es una gran oportunidad para mostrarlo como una iniciativa innovadora que contribuye a la comunidad. Además, desde una perspectiva académica, esta es una oportunidad para promover los beneficios de la mazorca de maíz y sus múltiples aplicaciones industriales, buscando así promover ideas más innovadoras enfocadas en la responsabilidad social, ambiental y económica.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

Actualmente, no es posible medir completamente el impacto ambiental de la contaminación por desechos generados por el maíz, como el tallo, hojas y mazorcas. Después de la quema, contaminará el medio ambiente [3]. Sin embargo, las estadísticas nacionales hablan por sí solas. Ecuador, un país con una población de más de 17,64 millones, produce maíz de grano residual (maíz, hojas y mazorcas) que oscila entre 20 y 35 toneladas/ha., y maíz choclo (maíz y hojas) de 16 a 25 toneladas/ha. [4]

La quema de residuos agrícolas (tallos, hierbas, hojas, cáscaras, etc.) sigue siendo la forma más económica y sencilla de eliminar o reducir la cantidad de materiales combustibles producidos por las actividades agrícolas. Este tipo de quema a cielo abierto se realiza para eliminar rápidamente los residuos de cultivos anteriores. Esto también se hace para liberar nutrientes para el próximo ciclo de producción y para matar moscas y otras plagas en el campo. [5]

La quema de biomasa como madera, hojas, árboles y pastos, incluidos los subproductos agrícolas, produce alrededor del 40 % de dióxido de carbono (CO₂), el 32 % de monóxido de carbono (CO), el 20 % de partículas en suspensión o partículas (PM) en todo el mundo. Para el año 2000, el 50 % de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) se liberaban al medio ambiente. La incineración de subproductos agrícolas es ampliamente utilizada, aunque no está regulada ecológicamente. Desde una perspectiva de salud pública, también son motivo de preocupación por varias razones:

El humo de la quema agrícola se emite en áreas densamente pobladas o muy cerca del suelo, lo que resulta en una exposición directa y aumentada de la población circundante. [5]

- ✓ Dicha quema suele ocurrir en determinadas épocas del año y produce concentraciones muy altas de contaminantes.
- ✓ Son fuentes locales de contaminantes del aire y ocurren en áreas muy grandes, lo que dificulta la medición y el tratamiento de dichas emisiones.
- ✓ Las condiciones de combustión y los combustibles varían, incluyendo la posible presencia de pesticidas.
- ✓ Contribuyen al cambio climático porque los compuestos emitidos incluyen gases de efecto invernadero y contaminantes climáticos de vida corta como el carbono negro.

- ✓ Afectan a la visibilidad de los alrededores y vías.

La combustión es la combinación rápida de oxígeno con materia compuesta principalmente de carbono, hidrógeno y azufre para producir calor, luz, dióxido de carbono (CO₂) y vapor de agua. Se requieren tres factores para iniciar y mantener una llama: combustible, temperatura de ignición y oxígeno u oxidante. Los desechos agrícolas son un combustible sólido, que va desde la paja liviana hasta la madera gruesa, con cantidades variables de minerales (que pueden quemarse hasta convertirse en cenizas) y humedad. [6]

La temperatura de ignición es la temperatura requerida para calentar un combustible para quemar; ocurre con la madera entre 190 y 260 °C. Toda el agua del combustible debe evaporarse de los jugos volátiles (a 100 °C) antes de que se caliente lo suficiente como para quemarse por completo. La combustión a baja temperatura produce humo, que es el resultado de una combustión incompleta. En general, los combustibles se queman de diferentes maneras, pero ambos requieren mucho oxígeno en el aire; sus partículas pequeñas se queman más fácil y rápidamente que las partículas más grandes debido a la superficie de combustión más grande y la mayor interacción con el oxígeno si el oxígeno rara vez produce monóxido de carbono y hollín. [6]

Estos incendios y los incendios forestales que provocan son la mayor fuente de carbono negro del mundo y amenazan la salud humana y el medio ambiente. El carbón negro es un componente de las partículas finas PM_{2.5}, contaminantes microscópicos que pueden penetrar profundamente en los pulmones y la sangre. PM_{2.5} aumenta el riesgo de muerte por enfermedades cardíacas y pulmonares, derrames cerebrales y ciertos tipos de cáncer y causa alrededor de 7 millones de muertes prematuras cada año. [7]

Las partículas finas también pueden causar problemas psicológicos y de comportamiento. En adultos mayores y niños, se asocia con las enfermedades de Alzheimer y Parkinson y la demencia. Como la contaminación del aire afecta la salud respiratoria, también aumenta el riesgo de contraer Covid-19. El carbono negro también es un contaminante climático de corta duración, lo que significa que incluso si solo permanece en la atmósfera durante unos días o semanas, su capacidad para acelerar el calentamiento global es significativa. La demanda es de 60 a 1500 veces mayor que la demanda de dióxido de carbono. [7]

Por otro lado, no todo es malo. A medida que avanza la tecnología y se difunde la información, se han encontrado alternativas cada vez más novedosas para administrar los recursos naturales de manera inteligente y al mismo tiempo protegerlos del daño causado por los desechos sólidos como el plástico. Varios expertos de diversos círculos académicos han reconocido ahora la posibilidad de reducir el impacto negativo del uso excesivo de envases no biodegradables, especialmente en la industria alimentaria. Sus esfuerzos por crear un cambio positivo para el medio ambiente y las personas poco a poco están dando sus frutos.

2.1.1. Residuos agroindustriales

Los residuos son el resultado de un proceso de fabricación, al igual que la fabricación en desuso que tiene como objetivo la creación de valor económico a través del proceso en cuestión. El sector agroindustrial es uno de los que más genera residuos, y se los considera ya sea como consumo directo de productos primarios o como materiales formados en algún proceso de industrialización, por lo que ya no son aplicables al proceso en el cual fueron generados. [8]

2.1.2. Estimación de los volúmenes de residuos generados durante la producción de maíz.

El maíz es un cultivo fácil de cultivar que produce anualmente, en el caso de Ecuador se cosecha dos veces al año. Las variedades de semillas más utilizadas en las regiones de Guayas y Los Ríos son: H-551; H-553; H-601 y H-602, que difieren en rendimiento, altura de planta, tamaño y diámetro de la mazorca. [9]

2.2. Cultivo de Maíz

El maíz (*Zea mays* ssp. *Mays*) es una gramínea de la familia Poaceae o Grass, como el trigo, el arroz, la cebada, el centeno y la avena. La cultura fue domesticada por los antiguos habitantes de Mesoamérica a partir del "teosintle", una hierba parecida al maíz que crece naturalmente principalmente en Ecuador y partes de América Central. [10]

Los ancestros silvestres del maíz (*Zea mays*) se encuentran en Paraguay, Bolivia y el sureste de Brasil. Los centros secundarios de adaptación se ubican en la región andina, Centroamérica y México, donde se observa una alta diversidad genética. La industria procesa una gran cantidad de productos y subproductos, tales como aceites, celuloide, explosivos, plásticos, jabones, glicerina, emulsiones, productos farmacéuticos.

Importante en la alimentación animal, ya sean forrajes, granulados, cereales integrales molidos o partidos, son altamente nutritivos. [11]

La agricultura es el mayor componente del producto interno bruto (PIB) de Ecuador (17,5%); mientras que la cadena del maíz representa el 3% del PIB agrícola, es el único cultivo del país que abarca unas 500.000 hectáreas, la mitad de las cuales es maíz amarillo duro cristalino es la parte inferior de la cadena del maíz donde se siembra la mayor parte. en la costa de Ecuador, mientras que el otro 50% es maíz de altura, principalmente para unos pocos pequeños agricultores de bajos ingresos económicos para ganarse la vida. [12]

Según los mismos autores, según el enfoque de cadena productiva, la cadena productiva del maíz candeal incluye a los productores agrícolas, productores de alimentos balanceados y snacks, y la industria avícola. El cultivo representa cerca del 2% del PIB agrícola del país, y la inversión total en la cadena industrial ronda los \$900 millones. En Ecuador, el maíz duro se produce geográficamente: en la costa, el 80% de la superficie (40% en Los Ríos, 18% en Manabí y 19% en Guaya y 3% entre Esmeraldas y El Oro); Sierra Leona 17% (principalmente en Loya y Bolívar); 3% en Amazon. Casi el 60 por ciento del maíz que se cultiva en América Central se cultiva en laderas utilizando métodos que pueden erosionar y degradar rápidamente el suelo. [13]

2.2.1. Residuos de Maíz

Los residuos de la cosecha de maíz, también conocidos como rastrojos, consisten en hojas, tallos y mazorcas de las plantas de maíz (*Zea mays*) que quedan en el campo después de la cosecha. Este rastrojo representa aproximadamente la mitad de la cosecha de maíz y es similar al rastrojo de otras gramíneas. [14]

Los tallos de maíz son un producto agrícola muy común en las zonas de cultivo de maíz. Además de la porción de grano del maíz cosechado, el rastrojo, que puede contener otras malezas y pastos, también puede ser beneficioso para los productores de ganado vacuno, ya que puede proporcionar una fuente de alimentación menos económica para el ganado de pastoreo en el segundo trimestre. [15]

El rastrojo corresponde a la biomasa aérea de los cultivos anuales que quedan en el campo después de la cosecha como residuos, los cuales son importantes y no necesitan ser desperdiciados por sus efectos positivos sobre el suelo. Por lo general, constituyen del 50% al 75% del follaje de un cultivo de campo. [16]

Aunque varios factores influyen en la cantidad de residuos producidos en la siembra, la descomposición afecta el porcentaje de residuos que quedan y la disponibilidad de nitrógeno (N) durante y después de la descomposición. En maíz, se estima que aprox. El 95% del mantillo residual permanece después de la cosecha. Se ha demostrado que la defoliación invernal por sí sola reduce la cobertura a alrededor del 86 % cuando no se consideran otras medidas de gestión de otoño o invierno. [17]

Según Zhang, Ghaly y Bingxi (2012), las mazorcas de maíz (mazorcas), las hojas y los tallos son residuos importantes para el procesamiento y consumo de los cultivos de maíz. Por cada kilogramo de maíz seco producido se pueden producir alrededor de 0,15 kilogramos de mazorcas, 0,22 kilogramos de hojas y 0,50 kilogramos de paja. Esto resultó en un rendimiento de maíz de aprox. 130,13, 190,85 y 433,76 millones de toneladas de residuos de mazorcas, hojas y tallos. El rastrojo de maíz consiste en lignina, celulosa, hemicelulosa y nutrientes. Muchos procesos biológicos y químicos tienen lugar para que los desechos se descompongan, que están influenciados por las condiciones ambientales y del suelo, como la temperatura del aire y del suelo, la humedad del suelo, el pH, los niveles de oxígeno y las comunidades microbianas. Este ciclo de nutrientes es un proceso complejo que toma diferentes tiempos dependiendo del tipo de desecho. [18]

2.2.2. Tusa de Maíz

Las mazorcas de maíz, un residuo o subproducto agrícola importante, se producen en grandes cantidades separando el grano de la mazorca, y se estima que se producen 170 kg de mazorcas en un solo año. toneladas de maíz. El tamaño de la mazorca se ve afectado por la variedad de maíz. En comparación con otros productos agrícolas, las mazorcas de maíz tienen el mayor contenido de hemicelulosa (12,4%) [19]. La mazorca de maíz es una materia prima de biomasa con potencial de fuente de energía inmediata que se puede utilizar para calor, energía, combustible y materiales de construcción, etc. para la producción. Tiene muchas ventajas sobre otras materias primas de biomasa, incluidas su densidad y homogeneidad, así como su mayor contenido de energía y bajas concentraciones de azufre y nitrógeno. En la mayoría de los países desarrollados, las mazorcas generalmente se retiran y se queman en el suelo en preparación para la próxima

temporada. El vertido y la quema de mazorcas de maíz en tierras agrícolas es un importante contaminante del aire. [20]

2.2.3. Uso de la tusa de maíz

Según [21] los usos de la tusa de maíz son muy variados ya que este residuo se ha convertido en una fuente económica y ambiental, ya que a este residuo se puede dar varios usos, por consiguiente, se muestra varios usos que se le da a este subproducto:

- ✓ Reducción del color de las aguas residuales: su capacidad de adsorción puede reducir el color de las aguas residuales y filtrarlas, y es bueno para reducir la turbidez y el color.
- ✓ Limpieza abrasiva con mazorcas de maíz trituradas: Las mazorcas de maíz trituradas se utilizan para la limpieza abrasiva o de fregado, colóquelas en una bandeja giratoria vibrante y deje que los desechos se sequen sin afectar la superficie, ya sea de metal, plástico o vidrio, utilizando este método. utilizado para la limpieza a presión de partes internas de fábricas, equipos mecánicos y sopletes de soldadura de partes metálicas.
- ✓ Producción de aglomerados a partir de mazorcas de maíz trituradas. Los aglomerados son paneles fabricados a partir de pellets o residuos de mazorcas de maíz, son resistentes a la perforación, los aglomerados son muy compactos, de pequeño tamaño y flexibles.

2.3. Aglomerado

Material que está compuesto por partículas de madera de diferentes tamaños, unidas entre sí por algún tipo de resina, cola u otro material y posteriormente prensada a temperatura y presión controlada formando el tablero. [22]

2.4. Tableros compostable

Como resultado de la acción de los microorganismos, se descomponen en un corto período de tiempo (quizás de 8 a 12 semanas) en una sustancia compostable llamada abono orgánico. [23]

2.4.1. Características de los tableros biodegradables

- Los tableros de partículas son materiales formados por partículas homogéneas o fibras aglomeradas con diferentes resinas, que les confieren diferentes propiedades según el uso al que vayan a ser sometidos. [24]. Estos materiales se han

utilizado durante mucho tiempo como sustitutos de los productos de madera en muchas aplicaciones porque tienen varias ventajas, como el bajo costo porque se usa más madera en comparación con los paneles de madera maciza, son duros, suaves, fáciles de trabajar, buenos. estabilidad, resistencia a la tracción fuerte y así sucesivamente. Una de las propiedades más importantes de la lámina es su resistencia a la humedad, rayaduras, rayaduras o suciedad, gracias al recubrimiento que aporta la resistencia necesaria.

- Fácil de manipular y manejar.
- Estable y ensamblado. Siempre que no entren en contacto con la humedad.
- Buena relación calidad-precio.
- Se pueden revestir con melamina u otros productos que nos permitan conseguir cualquier estilo o diseño que queramos.
- Buena resistencia. Es cierto que no es la madera más dura, pero teniendo en cuenta para qué sirve el aglomerado, lo hace muy bien.
- Asegura un mejor aprovechamiento de los árboles. No solo se utiliza madera reciclada, sino también componentes que de otro modo se desecharían. Algunos lo catalogarían como un material medioambientalmente sostenible si le añadimos que se pueden reciclar.

2.4.2. Ventajas Vs desventajas de los tableros biodegradables.

Ventajas	Desventajas
Son materiales que pueden ser utilizados por el ser humano ya que no causan ningún tipo de contaminación y son biodegradables.	Se pueden utilizar diferentes productos agrícolas como la cascarilla de arroz, cacao, etc.
Es un material que suele ser utilizado en la agricultura como abono orgánico para fertilizar los suelos y también lo usan como alimento para el ganado.	Existe un alto grado de incertidumbre, debido a que la producción de estos productos se da en determinadas temporadas del año, afectando así la productividad y rentabilidad de estos productos.
El tiempo de vida útil es corta y no genera ningún tipo de contaminación al ambiente.	Resultaría difícil de ser aceptado por los clientes ya que tienen propiedades similares

	a otros productos que pueden ser perjudiciales para salud.
Además, de ser utilizados para fabricar tableros aglomerados biodegradables, se pueden producir diferentes objetos. Debido a que su proceso de fabricación es sencillo ya que se basan en materiales naturales.	

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

2.4.3. Tipos de tableros biodegradables.

Estándar: En este caso nos referiremos a uno que no tiene o no tiene características adicionales añadidas. Es decir, no se mejora su resistencia a la humedad o al fuego, y no se recubre. [25]

Ignífugo: En este caso, se agregan aditivos retardantes de llama a su composición. Gracias a esto, es posible retrasar la acción del fuego. Por lo general, también se agrega un tinte rojo para identificarlos. La demanda proviene a menudo de áreas donde las leyes de protección contra incendios son cada vez más estrictas: hoteles, oficinas, edificios públicos, salas de espera.

Hidrófugo: Los tableros de partículas impermeables o impermeables al agua ofrecen un mejor comportamiento frente a la humedad. Esto no significa que sean inmunes. Para su fabricación son variados los porcentajes de madera y aglomerantes, así como su composición. Por lo general, se agrega tinte verde para ayudar en la identificación. Se puede utilizar como base para pisos y como mobiliario en ambientes húmedos como cocinas y baños.

Aligerados: En algunos casos, se puede desear un tipo de aglomerado más liviano, como para puertas. Cuando se consiga este objetivo, el aglomerado no solo será de madera sino también de otros materiales como ciertos polímeros sintéticos. Deben, por otro lado, ser más ligeros que la madera y, por otro lado, no tener un impacto negativo en la resistencia físico-mecánica del conjunto.

Figura 1 Tipos de tableros



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

En el ámbito de los productos desechables se debe tener en cuenta las diferentes normas sanitarias y de seguridad, pues el producto final estará en contacto con el cliente para después ser utilizado como contenedor de alimentos.

En Ecuador la ley de gestión ambiental, codificación, en los artículos 1 al 6 se establece que el deber del Estado es proteger, prevenir, controlar y planificar la diversidad, integridad y aprovechamiento de los recursos naturales, con el fin de conservarlos, para garantizar el desarrollo sostenible. [26].

2.5. Proceso de planchas comprimidas biodegradables a base de tusa de maíz.

- **Recepción de materias primas:** Como materia prima tenemos residuos agrícolas como mazorcas de maíz y cascarilla de arroz, fuente de energía renovable, y melaza como sustrato. [27]
- **Molienda:** En esta etapa luego de recibida la materia prima, se realiza la molienda o molido, es muy importante el tamaño del grano, cuanto menor sea el tamaño, como se podrá apreciar en la ilustración al final del texto, como se obtiene más compactación y aumenta la cantidad de material recocido. [28]
- **Homogenización:** Mezcla de las dos materias primas, tusa de maíz triturada, creada con melaza como sustrato nuestro y ensayada a una temperatura de 25°C y una humedad relativa entre 60%. [29]
- **Empaque:** Después de homogeneizar los ingredientes, la mezcla se envasa en bolsas negras bien cerradas. [30]

- **Almacenamiento:** Tiene una vida útil de 30 días debido a que este período prolonga la fermentación después de elaborado, el medio es anaeróbico. Puede durar desde unos pocos días hasta varias semanas, teniendo en cuenta las características del material de recocado y las circunstancias ambientales en el momento de la incubación. Si la fermentación tiene éxito, la actividad BAC proliferará y se convertirá en una población especializada (Holzapfel y Schilling, 1993). Obteniendo ácido láctico y otros ácidos. Las unidades BAC involucradas en el ensilado pertenecen a los géneros: Lactobacilli, Pediococcus, Leuconostoc, Enterococcus, Lactococcus y Streptococcus. Son principalmente mesófilos, capaces de prosperar en un rango de temperatura de 5° a 50°C, con temperaturas óptimas entre 25° y 0°C. Son capaces de reducir el pH del ensilaje a valores entre 3 y 5, dependiendo de la especie y tipo de desecho agrícola que se esté ensilando. [31]

2.6. Materiales para la elaboración de los tableros aglomerados.

2.6.1. Aglutinantes

Dentro de la gama de los aglutinantes podemos tener varios fabricantes con sus diferentes marcas comerciales como lo son Carpincol MR-60, Bio Plast Blan Cola, entre otros.

2.6.2. Carpincol MR-60

Es un adhesivo sintético a base de acetato de polivinilo altamente concentrado, cuya composición química original y única le otorga un olor y color característicos, lo que lo convierte en un adhesivo muy cotizado.

Uso

Carpincol MR-60 se recomienda para todo tipo de montaje de aglomerado, procesos con mayor humedad (18%) y tiempos de prensado más cortos.

Ventajas

- ✓ **Secado rápido:** Permite tiempos de planchado cortos.
- ✓ **Alto contenido de sólidos:** proporciona un adhesivo de alta resistencia y alto rendimiento.
- ✓ **Alta viscosidad:** proporciona al adhesivo una alta cubrición sobre soportes porosos y extender con una espátula.

- ✓ **Buena adherencia a la madera mojada:** Permitida Humedad (18%).
- ✓ Alta resistencia al calor: se utiliza para crear compuestos que pueden soportar altas temperaturas ambientales durante su uso.

2.6.3. Cola o Blancola

El adhesivo BIOPLAST fabricado por la empresa ecuatoriana ADHEPLAST. S.A, ha sido diseñado para ser usado particularmente como base de pintura de interiores, en mezcla con albalux, cajas de cartón para embalaje, tela, papel, cartulina, papel tapiz, etc., y madera que no esté sometida a alta presión y humedad.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. MÉTODO

3.1.1. Diseño de investigación

Un diseño de estudio es un plan estratégico desarrollado para obtener la información necesaria durante una investigación [32]. Asimismo, el diseño se vuelve flexible porque, según [33], brinda la posibilidad de realizar modificaciones al estudio a medida que evoluciona, en función de los hallazgos y contingencias que puedan surgir.

3.1.2. Tipo de investigación

La presente investigación es del tipo descriptiva exploratoria, la cual tiene como objetivo determinar si a través del desarrollo de planchas comprimidas biodegradables a base de tusa de maíz se puede reducir o no el impacto para cuando se quema en el campo sobre en el medio ambiente.

3.1.3. Método de investigación

El método utilizado fue un diseño descriptivo no empírico combinado con un estudio cualitativo [34]. Lo que se buscaba con el estudio era una evaluación del nivel de conciencia cultural y ambiental del consumidor a la hora de adquirir planchas comprimidas biodegradables eco amigables; luego se diseñó y propuso un proceso de producción de planchas comprimidas biodegradables hechas a base de tusas de maíz.

3.1.4. Fuentes de investigación

Para este estudio se realizaron consultas a fuentes de información secundaria, es decir, se utilizaron bases de datos en línea como Dialnet, EBSCO, Ovid, ProQuest, Redalyc, Scielo, entre otras. Aportó información sobre trabajos de revisión teórica sobre el tema de empaques biodegradables de tusa de maíz, así como investigaciones experimentales avaladas por revistas nacionales e internacionales.

3.1.5. Diseño del proceso de experimentación

El objetivo de esta sección es obtener tableros biodegradables a partir de la tusa de maíz a través de pruebas. En este orden de ideas, las etapas de prueba a realizar son:

3.2. Construcción del prototipo

Para construir un prototipo, se utilizará un proceso de aprendizaje de prueba, que consiste en realizar varias pruebas de medición y análisis de parámetros, hasta obtener el prototipo deseado y final.

Materiales para realizar el experimento

Tusa de maíz triturada.

Cola o Carpincol MR-60

Equipos

- Máquina de secado.
- Máquina para triturar las tusas.
- Máquina de mezclado.
- Máquina prensadora.
- Horno industrial.

3.3. Variable a medir

Residuos del cultivo de maíz (*Zea mays*).

3.3.1. Variable dependiente

Elaboración de tableros comprimidos a base de la mazorca de maíz.

3.4. Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico a través del software Minitab (versión 2019).

- Análisis de varianza de un factor (ANOVA).
- Prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

3.5. Proceso de elaboración de un tipo de aglomerado

Inicialmente seleccionamos la mejor materia prima en particular independiente de impurezas, posteriormente se determinó el porcentaje de humedad de la mazorca de maíz: humedad (22%).

- **Mezclado:** La tusa de maíz triturada se mezcló manualmente, para posteriormente añadir la goma (Carpincol MR-60). Se utilizó 500 g de materia prima con porcentaje de 50% tusa de maíz y 50% de goma.
- **Prensado:** Una vez colocado en el molde de 30 cm x 30 cm x 2 cm de espesor, se aplicó una presión de 125 psi., utilizando una prensa manual, manteniendo prensado un tiempo de 2 horas, al final se lo puso a secar, para posteriormente llevarla al horno de secado con un periodo de 12 horas y una temperatura 90°C.
- **Almacenamiento:** Las dependencias para el almacenamiento de los aglomerados producidos, por sus especiales propiedades, no precisan de un fundamental acondicionamiento. Para conservar los aglomerados a lo largo del lapso de almacenamiento en condiciones idóneas que garanticen su calidad, se llevarán a cabo las próximas sugerencias:

Evitar la exposición prolongada de los productos a la humedad directa, primordial causa de la aparición de hongos.

Conservar la temperatura ambiental por sobre los 37°C, evitando así de esta forma el impacto de ablandamiento del producto y, consiguiente, la aceleración de la oxidación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Establecimiento de parámetros de calidad según la norma INEN 3110-2016 en cuanto a productos biodegradables.

Para este diseño experimental se plantea como objetivo la norma INEN 3110-2016 para establecer los requisitos de calidad y los métodos de prueba para la elaboración de los tableros aglomerados mediante la tusa de maíz.

Estos tableros están elaborados a partir de una composición seleccionada de mazorca de maíz que aportan la densidad óptima exigida por las normas internacionales establecidas según los parámetros de calidad de cualquier tipo de decoración.

En la norma INEN 3110-2016 se documenta en su totalidad o en partes para que sean indispensables para la aplicación de los tableros aglomerados, para este efecto se adoptan la humedad, el molido, el ensamblado para así cumplir los requisitos del tablero.

4.1.1. Dimensiones.

En este diseño experimental se toman en cuenta las condiciones primarias de las investigaciones bibliográficas, se establecen los valores de largo y ancho de los tableros de aglomerados estableciendo la norma de calidad INEN 3110-2016, con el espesor 2 cm que se considera de acuerdo con las medidas de mercado y basándonos en investigaciones con principios de construcción de tableros de aglomerados.

Tabla 1 Dimensiones del tablero aglomerado

Dimensiones en (cm)	
Largo	30
Ancho	30
Espesor	2

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

4.1.2. Volumen

Para el cálculo del volumen se lo realiza mediante la siguiente ecuación:

$$V = l \times a \times e$$

Dónde:

l: largo (cm)

a: ancho (cm)

e: espesor (cm)

Reemplazando los valores de las condiciones iniciales se tiene el volumen del tablero aglomerado aislante:

$$V = 30 \times 30 \times 2$$

$$V = 1800 \text{ cm}^3 \rightarrow 0.0018 \text{ m}^3$$

4.1.3. Densidad

La densidad y el comportamiento térmico están relacionados, de tal manera que la ausencia de porosidad supone un incremento de densidad, a una mayor densidad supone una reducción de la porosidad y esto conlleva una mayor conductividad térmica. Por lo que el valor de la conductividad térmica depende de la densidad y porosidad. (Castells X., 2012).

Ante esta premisa y en conjunto con la densidad comercial se toma el valor de la densidad a priori, enfocándose en un valor referencial de 500 K, el cual estará sujeto a modificación ya que se comprobará al final de la construcción del tablero.

Sin embargo, para tener un valor más específico de acuerdo con la naturaleza de las biomásas, se calcula la densidad con respecto a los valores de la masa determinada, con la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Donde:

m: masa (kg)

v: volumen (m³)

Ventajas y recomendaciones de usar tableros aglomerados.

Ventajas	Recomendaciones
Composición ideal para elaborar cajones, repisas y cielo raso.	No exponer los tableros directamente al sol o la lluvia, así como proteger las caras y sellar los cantos.
Bajo contenido de impurezas	Realizar perforación guía y que el tornillo utilizado tenga un diámetro menor o igual al 30% del espesor del tablero.
Cortes limpios sin desportillado	
Menor desgaste de herramientas	Para la etapa de dimensionamiento del tablero, se recomienda el uso de guantes, gafas protectoras y

	maskarilla para evitar el contacto de polvo en vías respiratorias y vista.
Ahorro de tiempo de trabajo	Para la manipulación, transporte y almacenamiento se recomienda hacer uso de elementos o maquinaria de levantamiento de cargas.
Fácil de manejar y transportar	

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

A continuación, detallamos la cantidad de materia prima requerida. Para llegar a esta conclusión, se realizó varias pruebas con la materia prima y adhesivos específicos para simular el proceso de fabricación de tableros prensados a base de mazorca de maíz.

En primer lugar, se realizaron pruebas para obtener el aglomerado de la tusa de maíz con los datos que se muestran a continuación.

Tabla 2 Prueba de engrudo

Descripción	Criterio
Tusa de maíz triturada	1361 g
Agua	500 ml
Temperatura	90 °C

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

A continuación, se describe las cantidades de materia prima de las pruebas realizadas para la obtención del producto final.

Tabla 3 Insumos y cantidades

Tratamiento 1	
Proceso de fabricación de tableros aglomerados a base de la tusa de maíz	
Insumo	Cantidad
Tusa de maíz molida	1361 g
Agua	500 ml
Blancola	1500 ml

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Interpretación

En la elaboración del tratamiento 1 se utilizó 1361 gramos de tusa de maíz triturada, agregándole 500 mililitros de agua y 1500 mililitros de adhesivo al aglomerado con la finalidad de obtener una masa homogénea.

Tabla 4 Insumos y cantidades

Tratamiento 2	
Proceso de fabricación de tableros aglomerados a base de la tusa de maíz	
Insumo	Cantidad
Tusa de maíz molida	1361 g
Agua	400 ml
Blancola	1500 ml

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Interpretación

En la elaboración del tratamiento 2 se utilizó 1361 gramos de tusa de maíz triturada, a diferencia del tratamiento 1 ya no se agregó el agua solo se trabajó con los 1500 mililitros de adhesivo.

Tabla 5 Descripción de la prueba del producto

Descripción	Criterio
Tusa de maíz triturada	1361 g
Carpincol MR-60	1500 ml
Temperatura	90 °C
Tiempo de mezcla	10 min

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Interpretación

Se decide cambiar de adhesivo para poder obtener un proceso de secado que dure menos tiempo, sea más eficiente que los tratamientos anteriores y reduzca el % de humedad producida por la Blancola.

Tabla 6 Insumo y cantidades

Tratamiento 3	
Proceso de fabricación de tableros aglomerados a base de la tusa de maíz	
Insumo	Cantidad
Tusa de maíz triturada	1500 g
Carpincol MR-60	1500 ml

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Interpretación

En la elaboración del tratamiento 3 se utilizó 1361 gramos de tusa de maíz triturada, agregándole 1500 mililitros de adhesivo hasta obtener una masa homogénea con un tiempo de prensada de 2 horas.

Tabla 7 Insumo y cantidades

Tratamiento 4	
Proceso de fabricación de tableros aglomerados a base de la tusa de maíz	
Insumo	Cantidad
Tusa de maíz triturada	907.2 g
Tusa de maíz molida	454 g
Carpincol MR-60	1500 ml

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Interpretación

En la elaboración del tratamiento 4 se utilizó 907.2 gramos de tusa de maíz triturada y 454 gramos de tusa molida, agregándole 1500 mililitros de adhesivo hasta obtener una masa homogénea con un tiempo de prensada de 2 horas.

Tabla 8 Insumos y cantidades

Tratamiento 5	
Proceso de fabricación de tableros aglomerados a base de la tusa de maíz	
Insumo	Cantidad
Tusa de maíz triturada	680.5 g
Aserrín	680.5 g
Carpincol MR-60	1500 ml

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Interpretación

En la elaboración del tratamiento 5 se utilizó 680.5 gramos de tusa de maíz triturada y 680.5 gramos de aserrín, agregándole 1500 mililitros de adhesivo hasta obtener una masa homogénea con un tiempo de prensada de 2 horas.

Tabla 9 Especificaciones Técnicas

Espesores cm (+02)	Tableros (U)	Formato (cm)	Densidad (kg/m3)	Humedad (%)	Adhesivo
2	1	30 x 30	378	12 ± 5	Blancola
2	1	30 x 30	350	12 ± 5	
2	1	30 x 30	400	12 ± 5	
2	1	30 x 30	411	12 ± 5	
2	1	30 x 30	428	12 ± 5	
2	1	30 x 30	405	10 ± 3	Carpincol MR-60
2	1	30 x 30	411	10 ± 3	
2	1	30 x 30	413	10 ± 3	
2	1	30 x 30	405	10 ± 3	
2	1	30 x 30	429	10 ± 3	

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

4.2. Prueba de dureza de las láminas de aglomerado a basa de tusa de maíz

Para el ensayo de resistencia del tablero de aglomerado a base de tusa de maíz, se tomó una muestra de 3cm cuadrados de cada una de las láminas, en el cual se utilizó un penetrador con punta de acero esférica templada, aplicando una fuerza de 10 kilogramos para realizar la prueba de dureza Brinell.

Figura 2 Láminas para la prueba de dureza Brinell



Fuente: Muestras para la prueba de dureza

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Tabla 10 Calculo de las pruebas de dureza

Ensayo	P1	P2	P3	P4	P5
	<i>kg/mm₂</i>)	<i>kg/mm₂</i>	<i>kg/mm₂</i>	<i>kg/mm₂</i>	<i>kg/mm₂</i>
A	1.2	1.1	1.2	1.1	1.2
B	3.15	2.6	2.17	2.37	2.6

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

4.2.1. Análisis estadístico de un solo factor (ANOVA)

Tabla 11 Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Condición	2	1913,20	956,600	207,96	0,000
Error	12	55,20	4,600		
Total	14	1968,40			

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Tabla 12 Comparaciones en parejas de Tukey

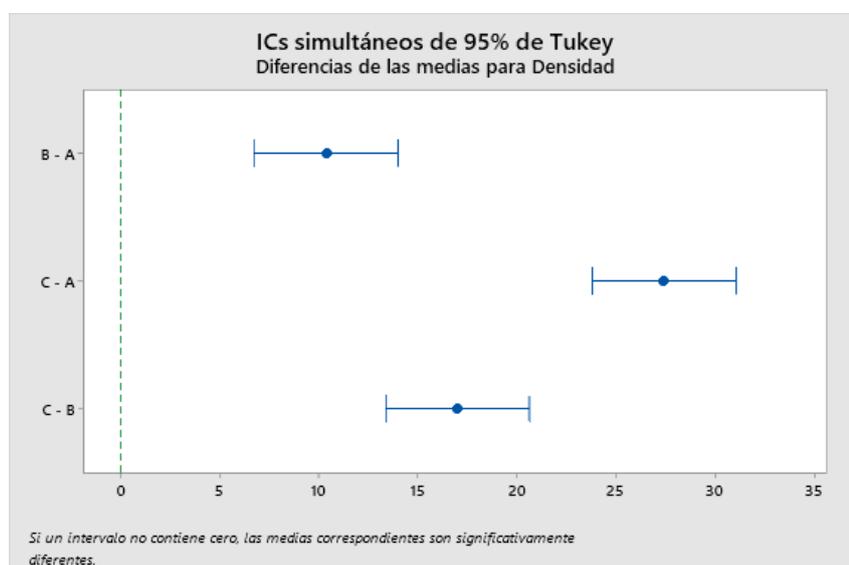
Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Condición	N	Media	Agrupación
C	5	430,000	A
B	5	413,000	B
A	5	402,60	C

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Figura 3 Diferencias de medias simultáneas



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Tabla 13 Comparaciones en parejas de Fisher

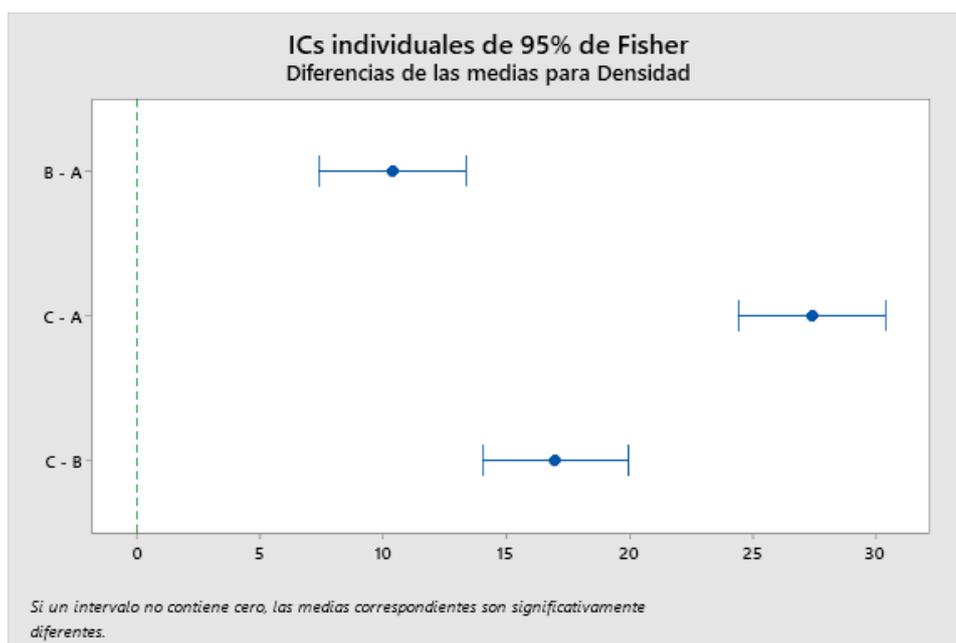
Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

Condición	N	Media	Agrupación
C	5	430,000	A
B	5	413,000	B
A	5	402,60	C

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Figura 4 Diferencia de medias para Densidad



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Tabla 14 Comparaciones múltiples de Dunnett con un control

Agrupar información utilizando el método de Dunnett y una confianza de 95%

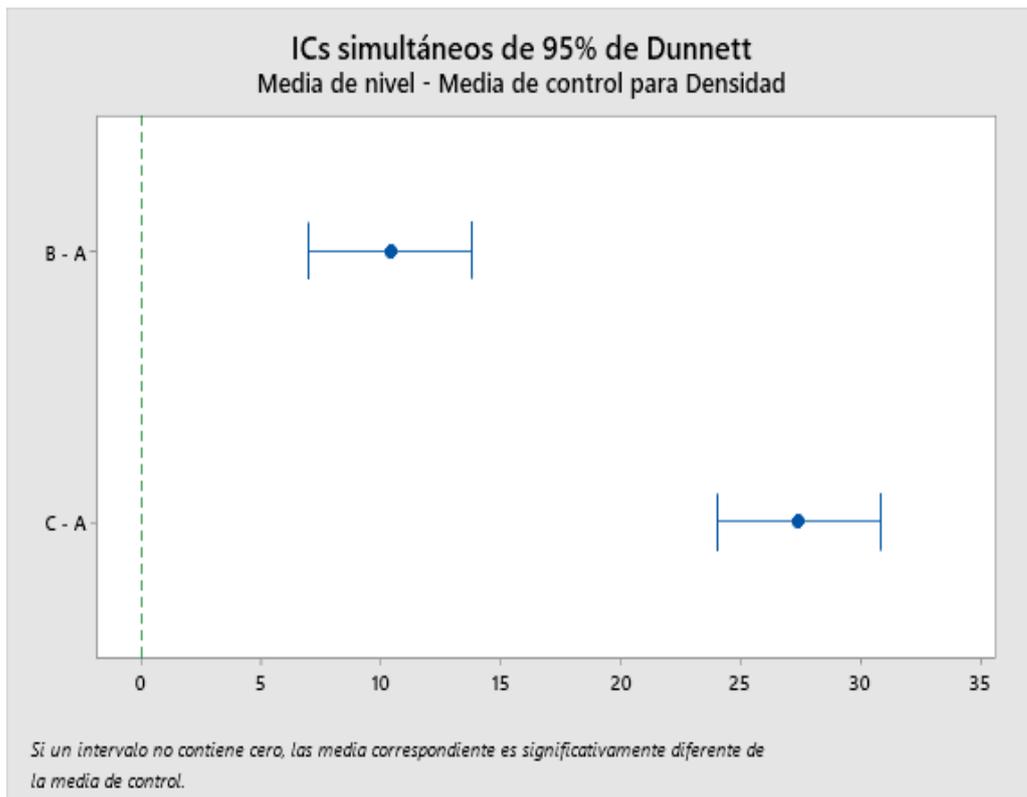
Condición	N	Media Agrupación
A (control)	5	402,60 A
C	5	430,000
B	5	413,000

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Las medias no etiquetadas con la letra A son significativamente diferentes de la media del nivel de control.

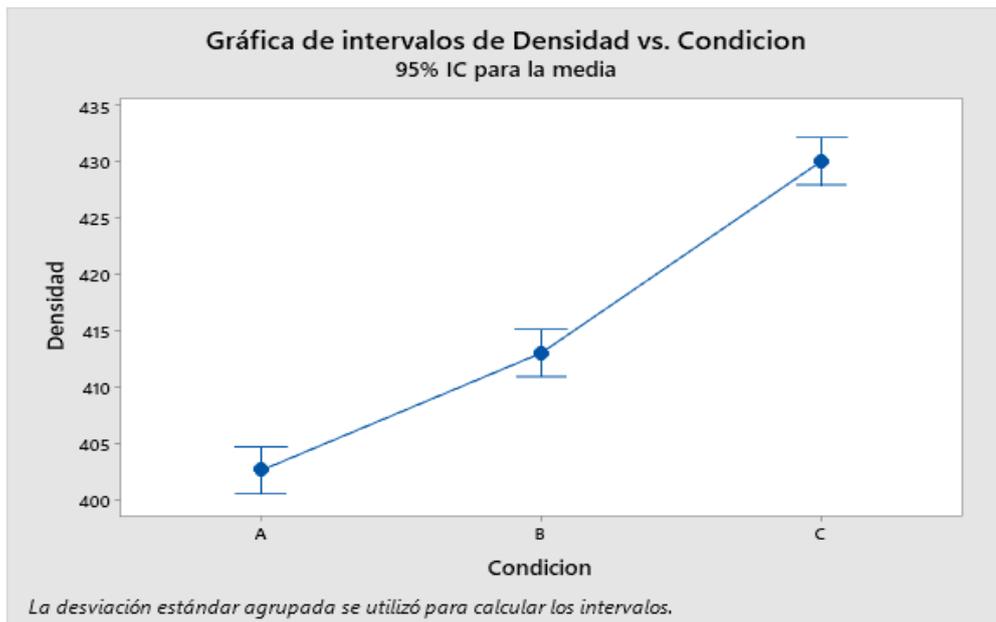
Figura 5 Gráfica de media de control para Densidad



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

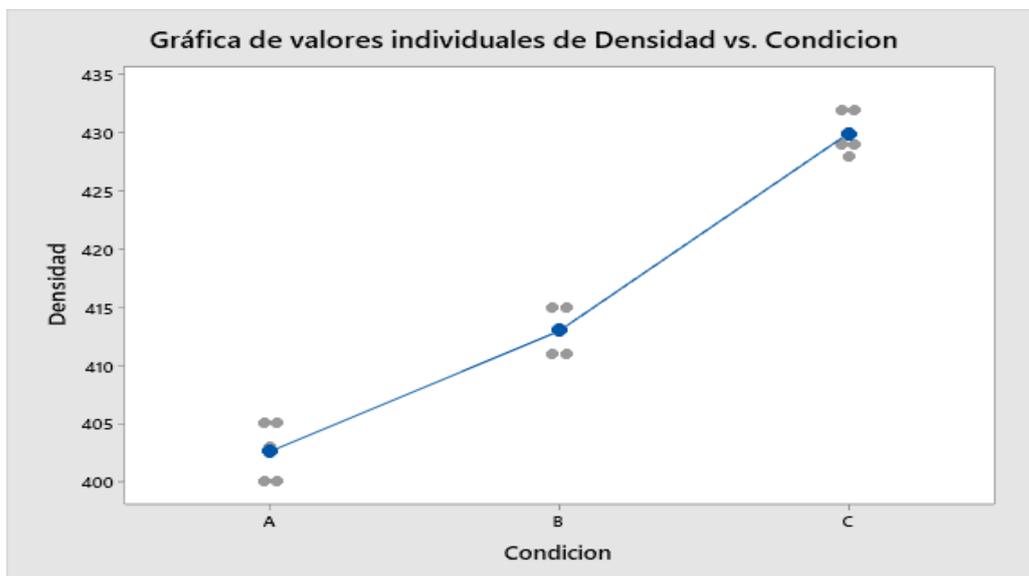
Figura 6 Gráfica de intervalos de Densidad vs Condición



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

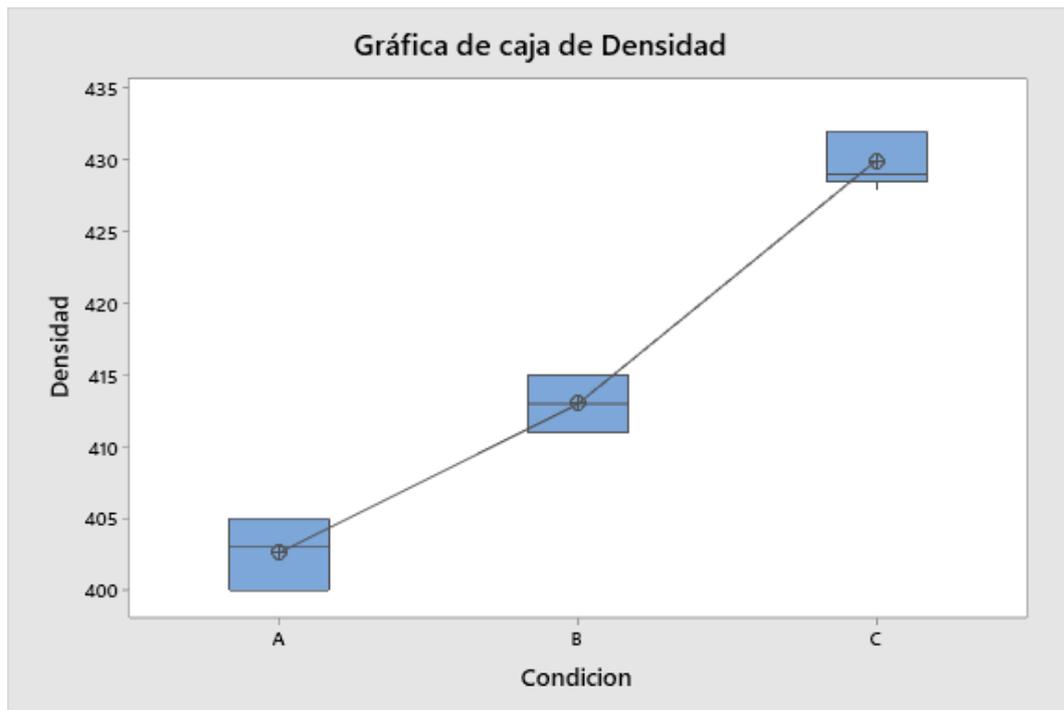
Figura 7 Gráfica de valores individuales de Densidad vs Condición



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

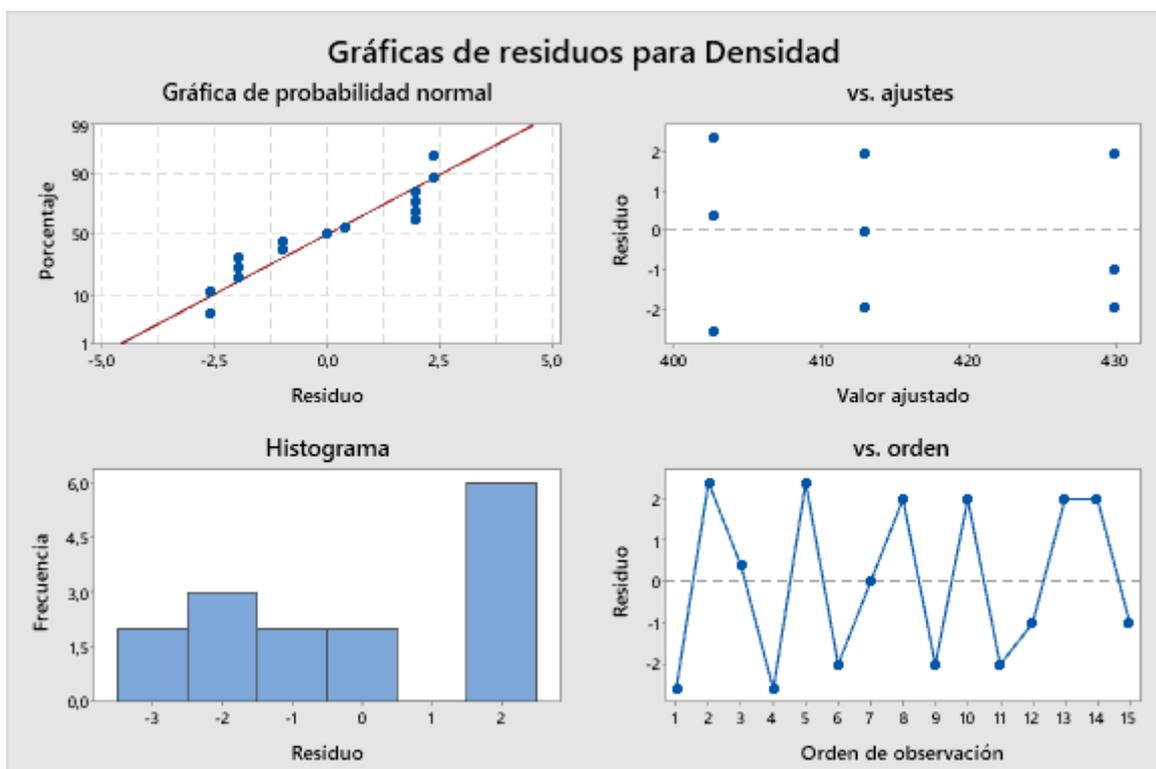
Figura 8 Gráfica de caja de Densidad



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Figura 9 Gráfica de residuos.



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

4.3. Identificar las etapas del proceso y maquinaria necesaria para la producción de tableros aglomerados a base de tusa de maíz.

En este apartado se expondrá paso a paso las operaciones necesarias para la elaboración de los tableros comprimidos a base de la tusa de maíz.

Tabla 15 Descripción de maquinarias para el proceso de producción de tableros aglomerados

Maquinarias	Descripción
	<p>Una máquina a gas que acelera el secado de la tusa de maíz, evitando que la materia prima se eche a perder o se pudra por la humedad.</p>
	<p>Una máquina que muele cáscaras y arroz en partículas finas para un procesamiento más fácil. Se necesitan dos para pintar cada producto individualmente.</p>
	<p>Esta máquina se encarga de mezclar la cáscara molida con una pasta de arroz y agua caliente hasta obtener una masa que luego se alimenta a la máquina laminadora.</p>
	<p>Equipo necesario para formar la masa en láminas obtenidas mezclando harina de salvado de arroz y almidón para alimentar a una máquina de termoformado.</p>
	<p>Calienta a una temperatura muy superior a la ambiente, materiales o piezas situadas dentro de un espacio cerrado.</p>

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

4.3.1. Descripción de las etapas del proceso de producción

Figura 10 Etapas del Proceso de Elaboración



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

4.3.2. Separación de partículas

Existen tres procesos unitarios previos a la separación por granularidad y son:

Figura 11 Procesos preliminares a la etapa de Separación



Tamizado

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Secado

A partir del supuesto de biomasa agrícola residual en las mazorcas de maíz, el proceso de secado ocurre de forma natural, con exposición directa al sol y al viento durante las horas del día durante varios días consecutivos. La evaporación de la humedad resulta de la posible sequedad del aire y los efectos directos de la energía solar.

Triturado

El proceso de triturado de la mazorca de maíz consiste en la reducción del tamaño de la partícula mediante una trituradora.

Figura 12 Máquina de triturado.



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Tamizado

Este método se realiza mediante el análisis del tamaño de partículas, que separa las partículas constituyentes de la muestra para que se pueda conocer el peso de cada tamaño que contribuye al peso total. Las partículas se separaron tamizando la muestra a través de tres tamaños de malla.

Figura 13 Separación de partículas.



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

4.3.3. Mezclado de partículas y aglomerado

En la etapa de mezclado es necesario identificar el tamaño de las partículas a utilizar. Se seleccionaron dos tamaños de partículas para este estudio: medio y grueso.

Es una combinación de mazorca de maíz y Carpincol MR-60, un adhesivo industrial de tamaño de partícula. En esta etapa se realizan dos operaciones unificadas: pesaje de tusa de maíz molida y preparación del aglomerado con el adhesivo.

Figura 14 Operaciones para la etapa del Mezclado.



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Pesado

El proceso de pesado se lo realiza mediante una balanza digital con capacidad de 5000 gramos.

Figura 15 Pesado de la muestra.



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Preparación del Aglomerado

Es necesario identificar la relación de la tusa de maíz y el adhesivo industrial para la elaboración de la lámina de aglomerado.

Tabla 16 Relación Agua-Aglomerante.

RELACIÓN AGUA-AGLOMERANTE	
Tusa de Maíz	Por cada 100 gr de tusa de maíz 100 ml de agua.
Carpincol MR 60	El agua corresponde a la tercera parte en peso del carpincol MR-60.

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Preparación de la tusa de maíz.

1. De acuerdo con la dosificación planteada, se pesa la cantidad de tusa de maíz.
2. En un recipiente se coloca la tusa molida y el Carpincol MR-60, se mezcla hasta obtener una masa homogénea.

Preparación del aglomerado.

1. Pesar la cantidad correspondiente del Carpincol MR-60 y agua.
2. Mezclar en un recipiente.

Figura 16. Preparación del aglomerado



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Mezclado

En esta etapa se mezcla las dos preparaciones de aglomerante con la biomasa.

1. Colocar la biomasa en el recipiente, para una mejor mezcla sólo la mitad de la cantidad a depositar.
2. Verter la mezcla de la tusa de maíz previamente preparada.
3. Mezclar uniformemente las dos muestras
4. Adicionar la cantidad restante de la biomasa.
5. Colocar la mezcla del Carpincol MR-60 previamente elaborada.
6. Mezclar hasta obtener una masa homogénea.

Figura 17 Etapa de Mezclado de la tusa de maíz.



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Figura 18 Parte final del mezclado adicionando resina a la mezcla.



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

4.3.4. Formación del tablero

En esta etapa la mezcla es colocada en el molde de acero, para pasar a la etapa del prensado. Es necesario preparar al molde para evitar que la mezcla se pegue en la superficie del molde. Para la formación del tablero se necesita como requisito previo el molde y su preparación.

Figura 19 Operaciones previas a la Formación del Tablero



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

4.3.5. Molde

El diseño del molde presenta un desmontaje de sus partes en base y marco, el propósito de una base empernada al marco es para garantizar un desmolde completo del tablero y evitar fisuras tempranas.

Figura 20 Preparación de molde.



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Tabla 17 Características del Molde.

Características del molde	
Dimensiones	30 x 30 x 5 (cm)
Diseño	Base soldada
Material	Acero A36 – 8 mm espesor

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

4.3.6. Preparación del Molde

Es necesario preparar las superficies del molde para evitar que la mezcla se pegue en sus superficies, por lo que forramos el molde con papel aluminio y colocamos una capa de aceite en las esquinas.

Figura 21 Preparación del molde.



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

4.3.7. Formación del Tablero

Para la formación se coloca la mezcla en el molde previamente preparado, la mezcla se esparce en el molde, se rellena todo el espacio dispuesto.

Figura 22 Formación del tablero



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

4.3.8. Prensado

En esta etapa mediante un ciclo de prensado ya determinado se aglomera la mezcla mediante la técnica de compactación en una prensa manual con la ayuda de una tapa de las mismas dimensiones del molde, se coloca en la parte superior del mismo y con la ayuda del perno sin fin, se ajusta el molde para que este compacte obteniendo como resultado final la lámina del aglomerado.

Figura 23 Prensado del aglomerado.



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

4.4. Secado

Esta etapa comprende el proceso de secado en un horno a una temperatura de 90°C durante 12 horas.

4.4.1. Desmolde

En esta etapa se retira el tablero del molde, siguiendo una secuencia de pasos:

1. Desmontar la base del marco del molde.
2. Colocar el molde en forma vertical y empezar a desprender la base del tablero formado.
3. Retirar el papel aluminio.

Figura 24 Desmolde del tablero.

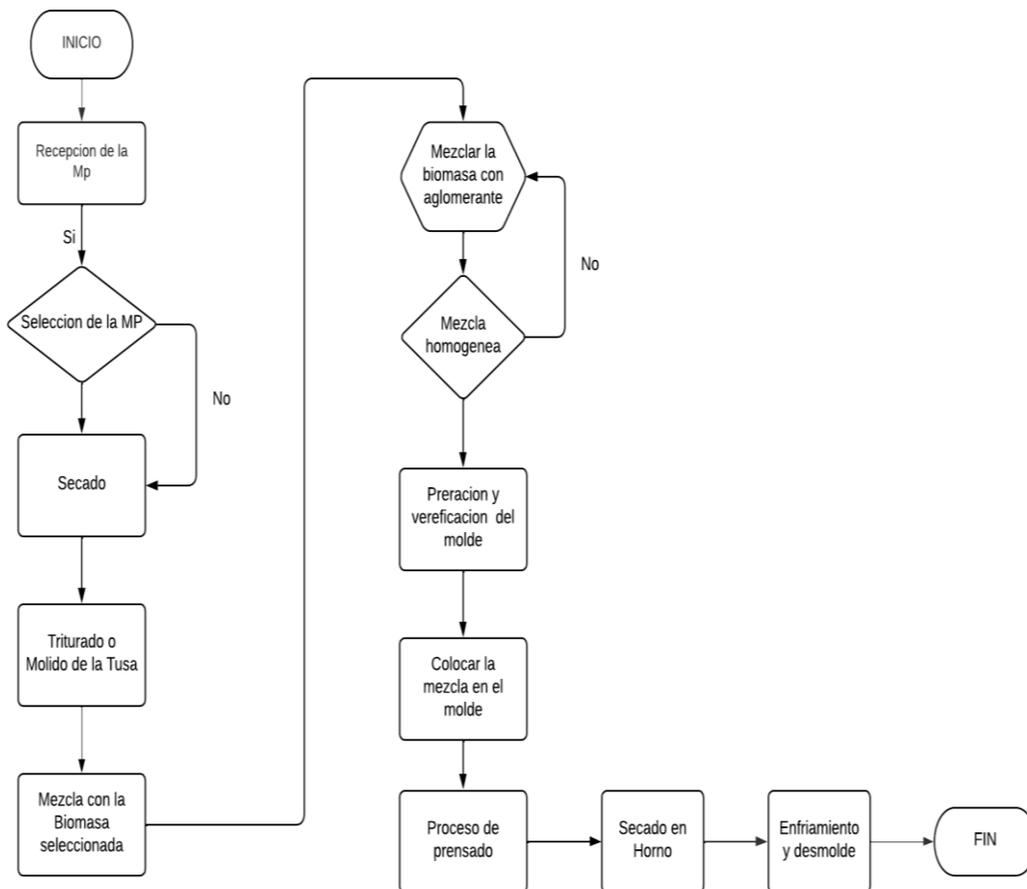


Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

4.5. Propuesta de flujograma y distribución de planta para el proceso de producción de tableros aglomerados a base de tusa de maíz.

Figura 25 Flujograma del proceso de producción de tableros aglomerados a base de la tusa de maíz.

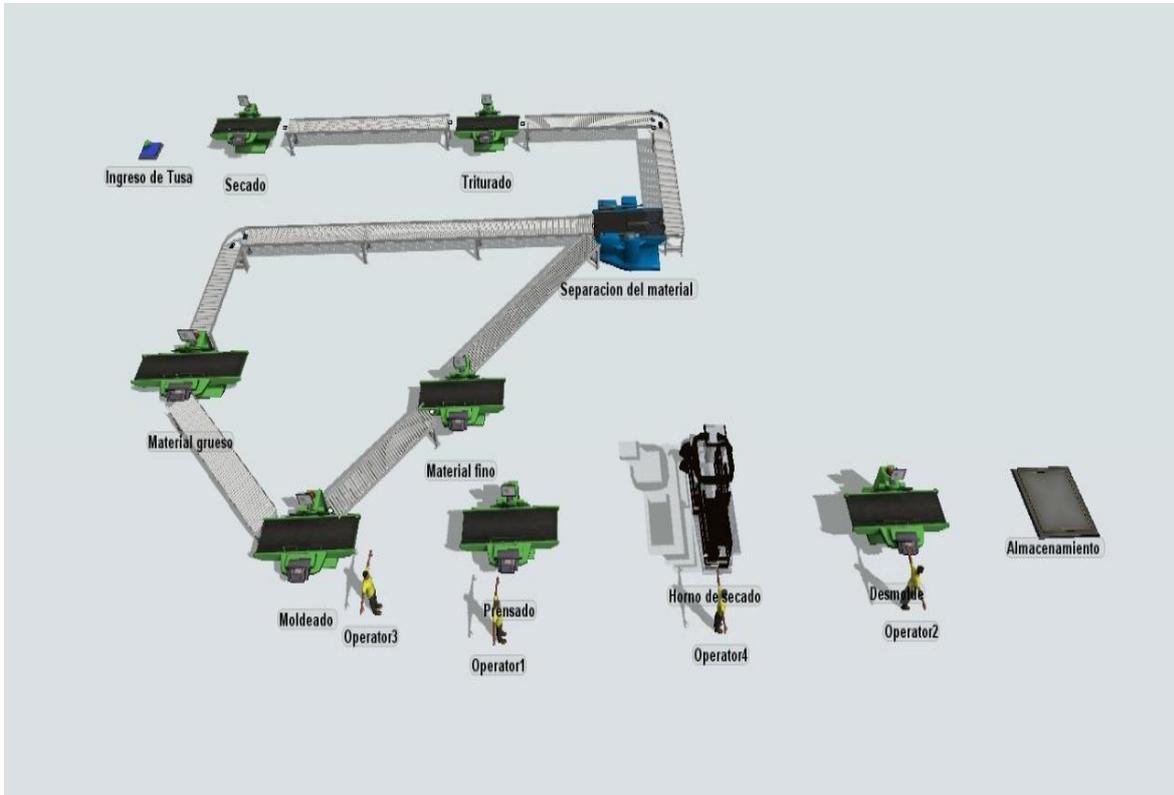


Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

4.5.1. Distribución de planta mediante la simulación FlexSim

Figura 26 Distribución de planta mediante la simulación FlexSim.



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Interpretación

Por medio del software FlexSim se puede visualizar cada uno de los procesos en la planta de producción de tableros aglomerados a base de la mazorca de maíz.

En el inicio se puede visualizar el ingreso de materia prima (tusa de maíz), pasando por el proceso de secado y triturado de la mazorca, el cual pasa por una separación de partículas de grano fino y grueso, para la formación del aglomerado se utiliza un molde de 30 x 30 con 2 cm de espesor, luego se procede al prensado por un tiempo de 2 horas, el operador procede a transportar el molde del aglomerado al horno con un tiempo de secado de 2 horas a una temperatura de 90°C, una finalizado el proceso de secado se procede a retirar la lámina de aglomerado y posterior mente se la lleva a almacenamiento.

4.5.2. Diagrama de operaciones

Este diagrama muestra de manera más detallada las etapas del proceso de producción. Cuando el proceso que se analiza es bastante complejo, es muy conveniente tener, en forma gráfica, una visión superficial de la totalidad de dicho proceso, antes de emprender con su estudio detallado. Este objetivo se lo consigue con el llamado “diagrama de las operaciones del proceso”. Se lo define como “la representación gráfica de todas las operaciones e inspecciones de que consta el proceso, haciendo alusión a los puntos de entrada y salida de los materiales”. [35]

Tabla 18 Proceso de producción con tiempos

Descripción de la operación							Tiempo
Inicio	●						
Ingreso de la tusa de maíz						●	5 min.
Selección de la materia prima							5 min.
Secado		● ●					2 horas.
Triturado de la tusa							10 min.
Mezclado de la tusa con el Adhesivo						●	15 min.
Formación del aglomerado		●					10 min.
Prensado							2 horas.
Secado en horno del aglomerado		● ●					2 horas.
Revisión de imperfecciones		●					2 min.
Producto final							10 horas
Fin							10 horas.

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

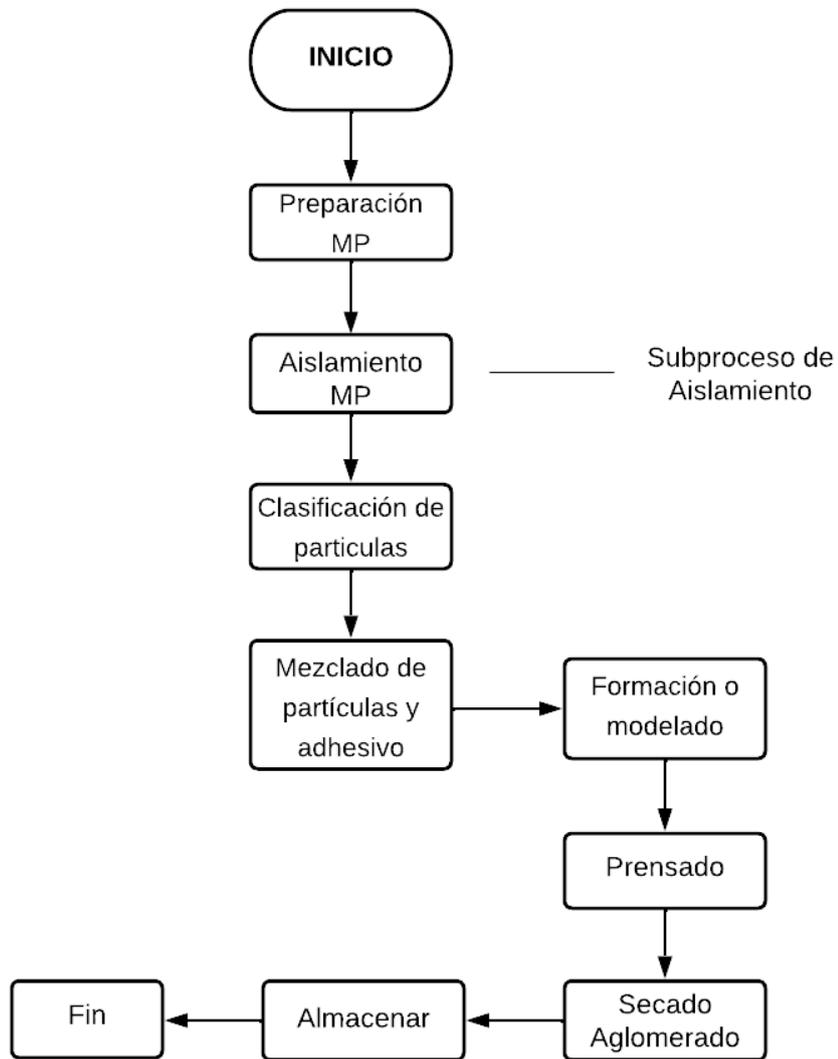
4.5.3. Descripción de los procesos para la elaboración de tableros aglomerados a base de la tusa de maíz

Proceso	Descripción
Preparación de la MP	Posterior a la recolección de la materia prima (subproceso tusa de maíz). El procedimiento comienza con la recepción de la materia prima para su posterior alistamiento hasta el almacenaje del producto terminado.
Alistamiento de la MP	Consiste en el secado y pre-secado de la tusa de maíz, reducción del tamaño de los residuos, y preparación de la materia prima prefabricación del aglomerado.
Clasificación de partículas	Las partículas se tamizan para remover el polvo y separar las partículas por el tamaño. Esto con el fin de determinar el tamaño de partícula de la materia prima y obtener forma y tamaño uniforme. Además, la separación de los polvos disminuye la absorción de una gran cantidad de resina.
Mezclado de partícula y resina	El mezclado es la dispersión del Carpincol MR-60 en la materia prima alistada.
Formación de modelo	Dispersar la mezcla en el molde para su posterior prensado.
Prensado	El prensado consiste en compactar y moldear la mezcla en el molde ejerciendo presión.
Secado de aglomerado	El proceso consiste en el acontecimiento del contenido de la humedad de los tableros o paneles, con el propósito de disminuir el contenido de la humedad en el interior y aumentar la eficiencia del aglomerado.

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Figura 27 Proceso de fabricación de tableros aglomerados a base de la tusa de maíz



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

4.6. Discusión

De acuerdo con las Norma INEN 3110-2016 nos permite establecer los parámetros de calidad para elaborar tableros aglomerados a base de la mazorca de maíz, en donde se tienen en cuenta las dimensiones del tablero de 30 x 30 de ancho y largo con un espesor de 2 cm. Mediante estos datos se desarrollaron las pruebas de engrudo en los cuales se puede determinar la cantidad de materia prima a utilizar en cada tratamiento, el tipo de adhesivo que se acomodara mejor al aglomerado.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) donde se determinó el grado de libertad 1 con un ajuste de 2881,2 por lo cual no existe gran diferencia con respecto al material A, pero si con el material B.

En el proceso se determinó el uso de maquinaria y ubicación que es necesaria para la elaboración de tableros aglomerados, donde se describieron las etapas y procesos que se llevan a cabo en las actividades realizada en la formación de los tableros.

Tomando en cuenta la prueba de dureza Brinell se puede determinar la resistencia de cada una de las pruebas realizadas, se determina que en la prueba B1 tiene una resistencia de 3.15 kg/mm² en comparación con la prueba A que tiene una resistencia menor de 1.2 kg/mm².

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se elaboro 8 prototipos de tableros aglomerados, dentro de los cuales se incluyen residuos de cultivo de maíz (tusa), los cuales fueron sometidos a pruebas de resistencia. Se establecieron 4 tratamiento con diferentes dosificaciones (50%, 50%, 30% de tusa triturada, tusa molida, aserrín) y también realizando un análisis de varianza de un solo factor implementado el método tukey.

La realización del análisis de varianza, determino que en el tratamiento B se encuentran dentro los parámetros dispuestos en la norma INEN 3110-2016 a diferencia de los del tratamiento A, ya que estos obtuvieron una resistencia menor por lo cual no cumple con mínima a la compresión simple.

La elaboración del diseño experimental permitió la determinación de las propiedades de la solución constructiva propuesta dando como resultado las dimensiones del tablero de 30 x 30 de ancho y largo con un espesor de 2 cm. Mediante estos datos se desarrollaron las pruebas de engrudo en los cuales se determinó la cantidad de materia prima a utilizar en cada tratamiento, el tipo de adhesivo que se acomodara mejor al aglomerado y al cumplimiento del objetivo planteado.

Las variables independientes para el diseño del modelo constructivo son: porcentaje de biomasa (50%), porcentaje de adhesivo (50% y 30%) y tamaño de partícula (Gruesa 100% y gruesa- media (50/50). En la etapa inicial del diseño se planteó una relación constante entre biomasa-aglomerante de 50/50 en relación con el peso.

Para concluir la mejor alternativa para los tableros aglomerados con partículas de mazorca de maíz es: tamaño de partícula 3 milímetros, con ciclo de prensado de 125 PSI durante 2 horas a una temperatura de secado de 90°C durante 2 horas.

5.2. Recomendaciones

- Para el proceso de elaboración de tableros aglomerados a base de la mazorca de maíz se recomienda mezclar la tusa triturada con el adhesivo, hasta obtener una mezcla homogénea con la finalidad de garantizar que toda la materia prima sea esparcida.
- Para futuras investigaciones se recomienda el uso de residuos agrícolas del cultivo de maíz como hojas, tallos y tusa, ya que han sido reportado por varios autores como posibles materiales para la construcción de tableros aglomerados.
- Se recomienda realizar un profundo análisis de los factores que intervienen en el proceso de elaboración de tableros aglomerados mediante la tusa de maíz, para identificar la influencia en el rendimiento de este tipo de materiales.
- Se recomienda que se debe considerar el uso de una máquina de termoformado antes de incorporarlo al horno de secado.

CAPÍTULO VI

6.1. Bibliografía

- [1] León. N, Propuesta de instrumentos de política pública que promuevan la protección y cuidado ambiental en la gestión empresarial del Ecuador, Quito: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, 2015 .
- [2] Gavidia. Maria, Desarrollo sostenible y política pública para la gestión integral de residuos sólidos en Barranquilla-Colombia., Barranquilla-Colombia.: Instituto de Estudios Políticos y Derecho Público "Dr. Humberto J. La Roche" de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Políticas de la Universidad del Zulia Maracaibo, Venezuela Esta publicación científica en formato digital es continuidad de la revista impresa, 2018.
- [3] C. López, Propuesta de diseño de un proceso de producción de planchas comprimidas biodegradables a base de tusa de maíz, Guayaquil: UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL, 2019.
- [4] S. Ramos, Una empresa comprometida con el ambiente: propuesta para disminuir el impacto ambiental del uso de botellas plástico PET, Medellín: Universidad EAFIT , 2019.
- [5] R. Gonzalez, Estudio De Factibilidad Para La Producción Y Comercialización De Productos biodegradables, Facatativá - Colombia: Ciencias Administrativas Económicas y Contables, 2019.
- [6] M. Carpio, Uso del diseño gráfico como herramienta digital efectiva en el manejo de información sobre empaques ecológicos y biodegradables para el sector alimentos para llevar, Lima – Perú: Escuela de Postgrado, 2020.
- [7] L. Rojas, APROVECHAMIENTO DE LA MAZORCA DE MAIZ PARA LA ELABORACIÓN DE UN BIOCOMPOSITO CON APLICACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE, Bogota: Universidad El Bosque, 2019.
- [8] J. Urgilés, Estudio general de vigilancia tecnológica, Ecuador: Estudio general de Vigilancia Tecnológica: Empaques Verdes, 2019.
- [9] D. Valbuena, Aprovechamiento de la tusa de maíz para la generación de un producto derivado en la asociación de productores orgánicos del municipio de Dibulla, La Salle, Bogotá: Universidad de La Salle, 2018.
- [10] J. Leon, Estudio del manejo de residuos del maíz, Quito: Consejo Nacional de Competencias, 2019.
- [11] E. Romero, Estudio De Factibilidad Para La Producción Y Comercialización De Producto biodegradables, 2020.

- [12] D. Cerda, Los residuos agrícolas y su uso en la alimentación de rumiantes, Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile: Fundación para la Innovación Agraria, 1999.
- [13] I. Ize, La quema de residuos agrícolas: fuente de dioxinas, Canadá: Comisión para la Cooperación Ambiental, Montrea, 2014.
- [14] A. Moncada, Contaminación y control de las quemas agrícolas en Imperial, California, y Mexicali, Baja California, Baja California: Instituto de Ciencias Agrícolas–UABC. Mexicali., 2008.
- [15] ONU, El impacto de las quemas agrícolas: un problema de calidad del aire, Programa para el medio ambiente, 2022.
- [16] L. I. P. P. Yury Alexandra VARGAS CORREDOR, «APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AMBIENTE,» Revista Facultad de Ciencias Básicas, [En línea]. Available: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/3108/2874>. [Último acceso: 2022].
- [17] D. Vera, G.L. Delfini, L. Godoy, E. Díaz, F. Ávila, F. Fiallos, G. Meza, «<http://centrozucar.uclv.edu.cu/>,» 2013. [En línea]. Available: http://centrozucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/195/706#citations/article_citation_32. [Último acceso: 2022].
- [18] E. Anderson, México, más que ningún otro país del Nuevo Mundo, es la tierra del maíz, Mexico: Investigador estadounidense del maíz., 1946.
- [19] R. Ortiz, Cultivos Tropicales, La Habana, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2009.
- [20] D. y. M. M. Quiroz, Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo integrado del cultivo de maíz duro., Quevedo: INIAP, 2016.
- [21] Y. García, Propuestas agroecológicas para el manejo agronómico del cultivo de maíz (Zea mayz L.), Unidad de propiedad social agrícola , 2016.
- [22] E. Castells, Plan de manejo de residuos generados en actividades agrícolas primera etapa: diagnóstico nacional, Mexico: Secretaría de Agricultura, ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), 2015.
- [23] L. Hincapié, Aprovechamiento de la hoja de mazorca y sus propiedades para la reconversión de una nueva materia prima, Pereira: Universidad Católica de Pereira, 2018.

- [24] CONAF, Diseño de Incentivos Económicos Costo Efectivos para la Conservación y Restauración del Bosque Mediterráneo, Chile: Informe Final Proyecto CONAF, 2011.
- [25] A. Jimenez, Proceso de producción de bioetanol, a partir de la biomasa hidrolizada de la *Eichhornia Crassipes* con la levadura (*Saccharomyces Cerevisiae*), Bogota: FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES., 2018.
- [26] J. Rodrigues, Producción, descomposición de residuos y rendimiento de maíz y soja cultivados en cultivos de cobertura., *Revista Ciencia Agronómica*, 46(3), 450-456., 2015.
- [27] J. Córdoba, Caracterización y valoración química del olote Degradación hidrotérmica bajo condiciones subcríticas, *Latinoamericana de Química*., 2013.
- [28] A. Anukam, Estudios sobre caracterización de mazorca de maíz para su aplicación en un proceso de gasificación para la producción de energía., *Revista de Química*, 1(2), 1-9., 2017.
- [29] V. Chicaiza, Analisis comparativo de la resistencia a compresion entre bloques tradicionales y bloques elaborados con poliestireno expandido granular y bloques elaborados con tusa de maiz triturado como sustitutorparcial del agregado grueso (tesis pregrado, Ambato - Ecuador: Universidad Tecnica de Ambato, Ambato, Ecuador., 2017.
- [30] «areatecnologia,» [En línea]. Available: <https://www.areatecnologia.com/videos/AGLOMERADO.htm>. [Último acceso: 12 11 2022].
- [31] Baqué, Diferencia entre biodegradable y compostable, 2022.
- [32] Badila. M, Powder coating of veneered particle board surfaces by hot pressing., *Progress in Organic Coatings* ., 2013.
- [33] Maderame, Tableros Aglomerados: Características, Desventajas y Usos, 2018.
- [34] Ley de gestion ambiental, LEY DE GESTION AMBIENTAL, CODIFICACION, Codificación 19, 2004.
- [35] L. I. P. P. Yury Alexandra VARGAS CORREDOR, «Recepcion de la materia prima: Para el mejoramiento de la calidad del medio ambiente,» *Facultad de Ciencias Basicas*, 2013.
- [36] C. Perez, Molienda, 2013.

- [37] C. Perez, Homogenizacion, 2013.
- [38] C. Perez, Empaque, 2013.
- [39] C. Perez, Almacenamiento:, 2013.
- [40] R. Sampieri, Metodología de la Investigación. Cuarta, Edición. Editorial McGraw – Hill., 2016.
- [41] I. Vasilachis, Estrategias de investigación cualitativa., Barcelona - España: Gedisa, 2006.
- [42] C. Fernández, Metodología de la Investigación., Editorial McGraw – Hill., 2006.
- [43] Duran, Diagrama de operaciones de proceso., 2007.
- [44] L. Cázares, Técnicas actuales de investigación documental, México: Trillas, 1991.
- [45] A. Quintero, Efecto de los lixiviados de residuos sólidos en un suelo tropical., Medellín - Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2017.
- [46] J. Aguilera, Guía técnica para la construcción de escalas de actitud, Odiseo Revista Electrónica de Pedagogía, 8(16)., 2011.
- [47] S. García, Guía técnica para la construcción de escalas de actitud, Revista Electrónica de Pedagogía, 8(16)., 2011.
- [48] L. Grasso, Importancia de la encuesta como técnica de investigación. Encuestas. Elementos para su diseño y análisis (pág. 186 p.)., Grupo Editor., 2006.
- [49] C. Perez, Proceso de Molienda, 2013.
- [50] C. Perez, Hidrofugo: Uso en los tableros comprimidos, 2013.
- [51] C. Perez, Hidrofugo: Uso en tableros comprimidos, 2013.
- [52] C. Peres, Hdrofugo, 2013.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1 Visita técnica comercial Granja.



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Anexo 2 Tusa de maíz molida.



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Anexo 3 *Elaboración del engrudo.*



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Anexo 4. *Proceso de elaboración del aglomerado*



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Anexo 5 Proceso de prensado manual.



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Anexo 6 Prensado manual.



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Anexo 7 Tableros aglomerados acabo



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Anexo 8 Mezclando los residuos de la tusa con el adhesivo



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Anexo 9 Formación del aglomerado



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Anexo 10 Prensado manual



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Anexo 11 Tablero aglomerado



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Anexo 12 Pulido de imperfecciones



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).

Anexo 13 Producto final



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Rodríguez D., Ullón A. (2022).