UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS DE MADERA DE *Guazuma crinita* MART. (BOLAINA BLANCA) EN LA FLEXIÓN ESTÁTICA, COMPRESIÓN Y DUREZA DE TABLEROS MADERA - CEMENTO

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO FORESTAL

BENJAMIN JHADER, MACEDO URQUIA

Pucallpa – Perú

2025

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N º484/2025-CGyT-FCFyA-UNU

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL

COMISIÒN DE GRADOS Y TITULOS

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N. º484/2025-CGyT-FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa a horas 11:00 am del día 26 de junio del 2025 de acuerdo al reglamento de grados y títulos de la universidad nacional de Ucayali se reunieron los miembros de jurado evaluador en el laboratorio de tecnología de la madera de la facultad de ciencias forestales y ambientales designado con Memo Mult 036 -2025-UNU-FCyFyA-CGT conformado por los siguientes docentes:

Dra. María Angelica Flores Romayna	Presidente
Dra. Julissa Katy Bautista Valencia	Miembro
Mg. Moises Torres Velasco	Miembro

Se procedió a evaluar la sustentación de tesis titulado **"INFLUENCIAS DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS DE MADERA GUAZUNA CRINITA MART. (BOLAINA BLANCA) EN LA FLEXIÓN ESTÁTICA, COMPRESIÓN Y DUREZA DE TABLEROS MADERA – CEMENTO"** presentado por el **BACHILLER BENJAMIN JHADER MACEDO URQUÍA** asesorado por el **DR. MANUEL IVÁN SALVADOR CÁRDENAS** y la inasistencia del Mg. Moises Torres Velasco.

Finalizado la sustentación se procedió a la formulación de preguntas por parte del jurado evaluador, siendo absueltas por el sustentante en consecuencias la tesis fue aprobada por la mayoría y recomendación de publicación, quedando expedido para el otorgamiento del titulo profesional de INGENIERO FORESTAL, siéndolas 12:06 pm hora del mismo día se dio por culminado el acto académico firmando los miembros en señal de conformidad.

.....

Dra. María Angelica Flores Romayna

Presidente

.....

Dra. Julissa Katy Bautista Valencia

Miembro

ACTA DE APROBACIÓN DE TESIS

ACTA DE APROBACION DE TESIS

Tesis aprobada por el jurado calificador de la facultad de ciencias forestales y ambientales de la universidad Nacional de Ucayali como requisito para obtener el titulo profesional de ingeniero Forestal, el mismo que estuvo conformado por las siguientes personas:

Dra. Maria Angelica Flores Romayna
.....
Presidente

Dra. Julissa Katy Bautista Valencia
.....
Miembro

Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas
.....
Asesor

Bach. Benjamin Jhader Macedo Urquia
.....
Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº V/017-2025.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"**INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS DE MADERA DE GUAZUMA CRINITA MART. (BOLAINA BLANCA) EN LA FLEXIÓN ESTÁTICA, COMPRESIÓN Y DUREZA DE TABLEROS MADERA - CEMENTO**"

Autor(es)	:	**MACEDO URQUIA, BENJAMÍN JHADER**
Facultad	:	**CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES**
Escuela	:	**ING. FORESTAL**
Asesor(a)	:	**Dr. SALVADOR CÁRDENAS, MANUEL IVÁN**

Presenta un **porcentaje de similitud de 4%**, verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 21/01/2025

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN TESIS EN REPOSITORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, BENJAMIN JHADER MACEDO URQUIA

Autor de la tesis titulada: INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE PARTICULAS DE MADERA DE GUAZUMA CRINITA MART. C. BOLAINA BLANCA) EN LA FLEXION ESTATICA, COMPRESION Y DUREZA DE TABLERO MADERA - CEMENTO

Sustentada el año: 2025

Asesor(a): MANUEL IVAN SALVADOR CARDENAS

Facultad: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Escuela Profesional: INGENIERIA FORESTAL

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 30/06/25

Email: macedobenjamin7@gmail.com Firma:

Teléfono: 913458157 DNI: 72707311

www.repositorio.unu.edu.pe
repositorio@unu.edu.pe

DEDICATORIA

A mis queridos padres. Este logro académico es un reflejo del incansable esfuerzo que han invertido para brindarme una educación sólida. Cada sacrificio que han hecho, cada día de trabajo duro y cada decisión que tomaron en mi nombre son el fundamento de mi éxito. Su dedicación y compromiso con mi educación son un regalo que valoro más allá de las palabras. Esta tesis es un testimonio de su sacrificio y amor, y me llena de orgullo honrarlos de esta manera. Gracias por ser los faros en mi vida, por iluminar el camino hacia el conocimiento y por inculcarme la importancia del trabajo duro y la educación. Los amo profundamente.

A mi madre Gladys, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones. A mi padre Benjamín, por haberme forjado a lograr este meta tan anhelado en mi vida profesional, y a mis hijos que fueron el motor principal de mi vida de llegar a la meta que siempre anhele.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por bendecirme la vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Agradezco al personal de la carpintería de la universidad nacional de Ucayali de la facultad de ciencias forestales y ambientales por haber ayudado en la elaboración de mi proyecto de tesis, al ingeniero Manuel Iván salvador cárdenas por ser el asesor de mi tesis y al ingeniero Lenin Vladimir Vargas villa como co-asesor, por darme el soporte y poder levantar las observaciones de mi investigación, gracias totales a ustedes.

INDICE GENERAL

RESUMEN xi
ABSTRACT xii
INTRODUCCIÓN 1
CAPITULO I: PIANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3
1.1. Descripción del problema de investigación 3
CAPITULO II: MARCO TEORICO 6
2.1. Antecedentes de la investigación 6
2.2. Base teórica 9
2.2.1. Tableros fibrocemento 9
2.2.1.1. Clasificación 10
2.2.1.2. Propiedades de los tableros 10
2.2.1.3. Materiales/ Composición 12
2.2.1.4. Elaboración de los tableros 14
2.2.2. *Guazuma crinita* Mart. (Bolaina blanca) 16
2.3. Definición de términos básicos 20
CAPITULO III: METODOLOGÍA 21
3.1. Método de investigación 21
Población y muestra 21
3.2. Procedimiento de recolección de datos 22
3.3. Técnicas e instrumentos para recolección de datos 31
3.4. Procesamiento de recolección de datos 32
3.5. Tratamiento de datos 32
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN 33
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 44
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 44
ANEXO 51

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de tableros fibrocemento según su densidad 10
Tabla 2. Composición química del cemento Portland 13
Tabla 3. Relación de las variables 21
Tabla 4. Análisis de correlación y regresión 32
Tabla 5. Estadísticos descriptivos de la influencia del tamaño de partículas de madera en la resistencia a flexión estática de tableros madera – cemento 33
Tabla 6. Análisis de correlación y regresión entre el tamaño de partículas y el MOR de los tableros madera - cemento 35
Tabla 7. Análisis de correlación y regresión entre el tamaño de partículas y el MOE de los tableros madera - cemento 36
Tabla 8. Estadísticos descriptivos del ensayo de compresión (kgf/cm2) de tres tipos de tablero madera cemento 38
Tabla 9. Análisis de correlación y regresión entre el tamaño de partículas y la compresión de los tableros madera cemento 39
Tabla 10. Estadísticos descriptivos de la dureza (kg) de los lados y extremos de tableros madera cemento elaborados con tres tamaños de partículas 40
Tabla 11. Análisis de correlación y regresión entre el tamaño de partículas y la dureza de los lados de los tableros madera cemento 42

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del proceso de fabricación de tableros fibrocemento .. 15
Figura 2. Trozas de bolaina blanca 17
Figura 3. Aserraderos de bolaina blanca en Pucallpa 17
Figura 4. Escala de las propiedades mecánicas de la madera y productos derivados de la madera. 19
Figura 5. Secado al aire libre de las partículas de madera de bolaina blanca. ……22
Figura 6. Tamizado de las partículas con malla metálica 23
Figura 7. Proporción de insumos en el tablero madera cemento 23
Figura 8. Mezclado de los componentes del tablero madera cemento 24
Figura 9. Puesta de la mezcla en el molde para la elaboración del tablero 24
Figura 10. Prensado del molde por 3 minutos..... 25
Figura 11. Fraguado del tablero por 24 horas 25
Figura 12. Tablero madera cemento terminado..... 26
Figura 13. Tablero para flexión estática..... 26
Figura 14. Secado de los tableros en el horno aproximadamente 12 – 15 días ……27
Figura 15. Probetas para ensayos mecánicos 28
Figura 16. Ensayo de flexión estática del tablero madera cemento 29
Figura 17. Probetas después de ser sometido a flexión estática 29
Figura 18. Ensayo de dureza del tablero madera cemento..... 30
Figura 19. Ensayo de compresión de los tableros..... 31
Figura 20. Análisis de correlación y regresión del tamaño de partículas y el MOR de los tableros madera - cemento..... 35
Figura 21. Análisis de correlación y regresión del tamaño de partículas y el MOE de los tableros madera – cemento 37
Figura 22. Análisis de correlación y regresión del tamaño de partículas y la compresión del tablero madera - cemento 39
Figura 23. Análisis de correlación y regresión del tamaño de partículas y la dureza de lados del tablero madera – cemento 42
Figura 24. Análisis de correlación y regresión del tamaño de partículas y la dureza de los extremos del tablero madera - cemento 43

RESUMEN

La partícula de madera generada en las industriales forestales no es aprovechada correctamente en la región de Ucayali, por ello se elaboró tablero a base de cemento y partículas de madera de bolaina blanca utilizando 3 tamaños de partículas (3.35mm, 6.3mm y 9.5mm); Las partículas de madera fue obtenido de las tableadoras que están localizados al borde del rio Ucayali en la ciudad de Pucallpa. Se fabricó 10 tableros por tamaño de partícula haciendo un total de 30 tableros, la conformación del tablero fue de 55% cemento, 22% madera, 20% agua y 3% mineralizante. Se trabajó con 15% de humedad de la madera, la pasta fue prensado a 25 kg/cm^2 por un tiempo de 3 minutos, el tablero prensado se sometió al fraguado mediante cargas puntuales por 24 horas, después el tablero fue llevado a la estufa para su secado final. Estos tableros fueron sometidos a los ensayos guiándose de las Normas Técnicas Peruanas (NTP) 251.076 para flexión estática, 251.081 para dureza y NTP 251.014 para la compresión. Se concluye que el tamaño de partículas y las propiedades mecánicas como el módulo de ruptura, la compresión y dureza presentan una relación altamente significativa, directamente proporcional, en donde a mayor tamaño de partículas, estas propiedades mecánicas aumentan significativamente. Asimismo, el tamaño de partículas y el módulo de elasticidad no presentan relación significativa, por lo que, aunque se aumente el tamaño de partículas, esta propiedad se mantendrá casi constante.

Palabras clave: tamaño de partículas, módulo de ruptura, módulo de elasticidad, compresión, dureza.

ABSTRACT

Wood particles generated in forestry industries are not something new to be discovered; wood is an economic pillar in the Ucayali region; The present work produced a board based on cement and white pellet wood particles using 3 particle sizes (3.35mm, 6.3mm and 9.5mm); The wood particles were obtained from the planers that are located on the edge of the Ucayali River in the city of Pucallpa. 10 boards were manufactured per particle size, making a total of 30 boards, the composition of the board was 55% cement, 22% wood, 20% water and 3% mineralizing. We worked with 15% wood humidity, the paste was pressed at 25 kg/cm2 for a time of 3 minutes, these boards were subjected to tests guided by the Peruvian Technical Standards (NTP) 251.076 for static bending, 251.081 for hardness and NTP 251.014 for compression. It is concluded that particle size and mechanical properties such as modulus of rupture, compression and hardness present a highly significant relationship, directly proportional, where the larger the particle size these mechanical properties increase significantly. Likewise, the particle size and the elastic modulus do not present a significant relationship, so, even if the particle size is increased, this property will remain almost constant.

Keywords: particle size, planers, modulus of rupture, modulus of elasticity, compression, hardness.

INTRODUCCIÓN

La industria de la madera genera volúmenes de residuos durante la explotación y transformación de la misma hasta la obtención del producto final (Álvarez et al., 2010); tales como el aserrín, virutas, despuntes, entre otros originando un alto grado de desaprovechamiento (Soto & Núñez, 2008).

Los residuos quedan a la intemperie provocando daños ambientales (Martínez et al., 2014). Incluso las carpinterías generan residuos que ya no son utilizados (Confederación Española de Empresarios de la Madera, 2009). En los aserraderos y reaserraderos se genera alrededor de 45% a 65% (López et al., 2021).

De los residuos forestales dejados en el bosque: la copa, ramas y follaje representan el 23%; tocón el 20% y aserrío 5%. En el aserrío de la madera: la viruta, costeras y recortes representan el 17%, aserrín y menudos el 7.5%; perdidas varias 4%; corteza 5.5% y madera aserrada el 28% (FAO, 1976).

Una de las formas de minimizar los residuos es el reciclaje transformado de estos productos descartables en otros nuevos de mayor valor, es acá donde prevalece la creatividad para convertirlo en nuevos productos con valor agregado (Meeks, 2023).

Frente a esto es necesario impulsar propuestas que viabilicen el aprovechamiento de los residuos que se generan en las industrias de primera y segunda transformación en la ciudad de Pucallpa. Una de las formas es elaborando productos a base de estos residuos o productos combinados a base de residuos de madera y otros materiales de construcción.

La G*uazuma crinita* Mart. **(**bolaina blanca) es una de las especies más trabajadas en la ciudad de Pucallpa en donde se genera aserrín y virutas en grandes cantidades, es por eso que la presente investigación busca generar un tablero a base de diferentes tamaños de partículas de madera y cemento.

El trabajo es importante puesto que permite conocer la granulometría adecuada que brindará mejores cualidades mecánicas

como el módulo de ruptura, módulo de elasticidad, compresión y dureza de los tableros cemento – madera de bolaina blanca.

Es importante puesto que brindará información para posibles usos de estos tableros ya sea en lugares externos o internos. E incluso las aplicaciones que se lo pueden dar como en los rubros de mueblerías, accesorios domiciliarios, etc.

Además, es importante para generar puestos de trabajo para profesionales y personal no profesional en la innovación de productos alternativos como los tableros cemento madera en la ciudad de Pucallpa, contribuyendo al desarrollo económico y tecnológico de la región.

El presente informe está estructurado de la siguiente manera:

Capítulo I : Planteamiento del problema, en donde se describe la situación que conllevo a realizar este trabajo de investigación.

Capítulo II : Marco teórico, se describe los conceptos claves o temas estratégicos que guiará el entendimiento de la investigación.

Capítulo III : Metodología, en esta parte se indica el método científico, población, muestra y la estadística inferencial.

Capítulo IV : Resultados y discusiones, en este capítulo se comprueba la significancia de los tratamientos y se discute técnicamente con otras investigaciones.

Capítulo V : Conclusiones y recomendaciones, finalmente se puntualiza el comportamiento de los tratamientos y se menciona las recomendaciones.

CAPITULO I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

En el mundo la industria de la madera tiene la característica de generar grandes volúmenes de residuos durante el proceso de explotación y elaboración de la misma, esto ocurre cuando la madera es introducida en el proceso propiamente dicho hasta la obtención del producto final (Álvarez et al., 2010); los residuos forestales como el aserrín, virutas, despuntes entre otros tienen un alto grado de desaprovechamiento que en la mayoría de veces termina en las calderas sin darle un valor agregado (Soto & Núñez, 2008).

Martínez et al. (2014), indica que la contaminación ambiental que provocan los residuos forestales es muy visible en nuestros días, son preocupantes ya que permanecen a la intemperie provocando daños al medio ambiente. La mayor proporción de residuos se genera en la etapa de transformación, dimensionado y mecanizado de la madera, muchos afirman que los aserraderos y reaserraderos generan entre 45% y el 65% de desperdicios por tonelada de madera procesada (López et al.,2021). CONFEMADERA (2009), incluso en las carpinterías y en las fábricas de mueble provoca también se generan residuos durante sus actividades, por eso es necesario utilizar en la medida posible la madera

En la ciudad de Pucallpa se producen tablillas de G*uazuma crinita* Mart. **(**bolaina blanca), esta actividad está ubicado en los cantos de los ríos, la producción de tablillas se realiza con sierra circular de mesa que posteriormente son pasados a la garlopa para su acabado final, en este rubro se generan partículas como el aserrín y las virutas que son botadas a las calles provocando contaminación o dando mal aspecto a la ciudad o también son regaladas para los carboneros; los bolaineros no les dan otro uso a esos residuos (Escriba, 2021).

En ese sentido una forma de mitigar ese impacto negativo al medio y potenciando la madera es fabricando productos alternativos a base de esos residuos, elaborando productos que satisfaga la exigencia de las personas. La fabricación de tableros madera – cemento conlleva a utilizar residuos de diferentes granulometrías o de diferentes tamaños, lo que nos genera algunas

interrogantes para ser resueltas en el proceso de investigación. por lo cual se plantean los siguientes problemas:

Problema General

- ¿Las propiedades mecánicas como la flexión estática, la dureza y compresión de los tableros madera - cemento están influenciadas por el tamaño de las partículas de la madera de G*uazuma crinita* Mart. (bolaina blanca)?

Problemas Específicos

- ¿Cómo será la flexión estática de los tableros madera – cemento elaborados independientemente con diferentes tamaños de partículas de la madera G*uazuma crinita* Mart. (bolaina blanca)?
- ¿Cómo será la dureza de los tableros madera – cemento elaborados independientemente con diferentes tamaños de partículas de la madera G*uazuma crinita* Mart. (bolaina blanca)?
- ¿Cómo será la compresión de los tableros madera – cementos elaborados independientemente con diferentes tamaños de partículas de la madera G*uazuma crinita* Mart. (bolaina blanca)?

1.2. Justificación

El trabajo es importante puesto que permite conocer la granulometría adecuada que brindará mejores cualidades mecánicas como el módulo de ruptura, módulo de elasticidad, compresión y dureza de los tableros cemento – madera de bolaina blanca.

Es importante puesto que brindará información para posibles usos de estos tableros ya sea en lugares externos o internos. E incluso las aplicaciones que se lo pueden dar como en los rubros de mueblerías, accesorios domiciliarios, etc.

Además, es importante para generar puestos de trabajo para profesionales y personal no profesional en la innovación de productos alternativos como los tableros cemento madera en la ciudad de Pucallpa, contribuyendo al desarrollo económico y tecnológico de la región.

1.3. Objetivos

Objetivo general

- Determinar la influencia de tres tamaños de las partículas de la madera de G*uazuma crinita* Mart. (Bolaina blanca) en la resistencia a la flexión estática, compresión perpendicular a la cara y dureza de los tableros madera – cemento.

Objetivos específicos

- Determinar la flexión estática de los tableros madera – cemento elaborados con tres tamaños de partículas de madera de G*uazuma crinita* Mart. (Bolaina blanca).
- Determinar la resistencia a la compresión de los tableros madera – cemento elaborados con tres tamaños de partículas de madera de G*uazuma crinita* Mart. (Bolaina blanca).
- Determinar la dureza de los tableros madera – cemento elaborados con tres tamaños de partículas de madera de G*uazuma crinita* Mart. (Bolaina blanca).

CAPITULO II
MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Trejo et al. (2020), en su trabajo “Factibilidad de uso de la Guadua (*Guadua angustifolia*) provenientes de los llanos occidentales de Venezuela, en la fabricación de tableros de lana de madera y cemento para la construcción”. Se elaboró tableros de lana de madera y cemento a dos niveles de densidad teórica de 500 kg/m^3 y 750 kg/cm^3 y dos proporciones de cemento: madera de (2:1 y 1:1). Se evaluó propiedades físicas como la absorción de agua y variación de espesor promedio a 2 y 24 horas de inmersión y mecánicas como módulo de ruptura (MOR) y compresión. Se concluye que la lana de madera de *Guadua angustifolia* presenta buenas características tecnológicas adecuadas para la fabricación de tableros de lana de madera y cemento con densidad media.

Esquinas (2019), en su trabajo El fibrocemento como recurso material al diseño de productos de uso colectivo. Se elaboró a base de desechos de cascarilla de arroz y lodos industriales procedentes de la industria papelera. Resulta que es un material ligero, resistente, impermeable al agua, duradero y totalmente reciclable.

Bresciani et al. (2019), en su trabajo Aprovechamiento de residuos de madera en construcciones civiles: revisión bibliográfica. Indica que se debe buscar opciones viables para aumentar el aprovechamiento del aserrín y disminuir su impacto al medio ambiente. Esto se logra con investigación utilizando este residuo en el área de la construcción, de esta manera se le da un valor agregado y evitar quemas de estas.

Ferrández (2017), en su trabajo Análisis y desarrollo de tableros de caña común (*Arundo donax* l.) con cemento para su uso como material de construcción. Los resultados indican que los tableros de partículas usando residuos de caña son sostenibles y de alta calidad, con altas prestaciones estructurales. Las propiedades mecánicas mejoran cuando se aumenta el contenido de almidón y mayor resistencia al agua aumentando el contenido de cemento. por lo que este producto puede ser utilizado en los diferentes componentes de la construcción.

Cevallos (2011), en su trabajo Elaboración de paneles ligeros a base de bagazo de caña de azúcar aglomerado con cemento portland. Utilizo 7 dosificaciones fibra – cemento. los resultados indican que la adición de bagazo de caña de azúcar para refuerzo en una matriz de cemento portland permite obtener materiales compuestos durables, con propiedades físicas y mecánicas necesarias para elementos constructivos.

Novoa (2005), en su trabajo “Elaboración y evaluación de tableros aglomerados a base de fibra de coco y cemento”. Cuyo objetivo fue generar por medio de combinación de coco y cemento tableros para uso en la construcción de vivienda. Concluyó que la proporción 5% fibra – 60% cemento es óptima. Y que el incremento de la fibra disminuye la resistencia a la flexión. Para compresión la mejor proporción fue de 5% fibra – 40% cemento alcanzando 200 kg/cm^2.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Patiño (2021), indica que los tableros fibrocemento con 8% de fibras presentan menor compresión del espesor y conductividad térmica frente a los tableros fibrocemento adicionado fibras de tetrabrik (18.01 kgf/cm^2), aluminio (12.32 kgf/cm^2) y polietileno (9.20 kgf/cm^2). Excepto la resistencia de flexión estática los tableros fibrocemento con 8% de fibras presentaron mejores mejor comportamiento en la flexión estática (40.21 kgf/cm^2).

Gonzales y Monasterio (2021), en su trabajo Propuesta para la fabricación de tableros para tabiquería utilizando cascara de arroz obtuvo como capacidad de absorción de agua 41.96%; resistencia a la flexión 1592.23 kg/cm^2.

Layza y Sangama (2020), en su trabajo Elaboración y evaluación de tableros aglomerados a base de fibra y endocarpo de coco (*Cocos nucifera*) y cemento. El resultado indica que un tablero con proporciones 13.3% de fibra – 26.7% de endocarpo y 60% cemento presentaron mejores resultados con flexión de 190.880 kg/cm^2 y solo 7.749% de hinchamiento volumétrico. Agrega que el incremento de fibra al cemento disminuye la resistencia y aumenta la absorción de agua y los movimientos de humedad.

Gamarra (2016), en su trabajo de investigación “Aptitud de las fibras de la palma aceitera (*Elaeis guineensis Jacq.)* para la elaboración de tableros fibrocemento”. Se elaboraron tres tipos de tableros fibrocemento según la cantidad de haces fibrosos en la mezcla, el cual fue un porcentaje respecto a la masa del cemento (3%, 6% y 9%). Los tres tipos de tableros se fraguaron en 24 horas. Se evaluó las propiedades físicas y mecánicas empleando la norma alemana DIN. En lo que es absorción e hinchamiento volumétrico el tablero con 3% a las 24 horas de inmersión obtuvo 15.80% y 1.96% respectivamente; el tablero con 6% obtuvo 16.54% y 2.15% respectivamente y el tablero con 9% obtuvo 20.86% y 2.66% respectivamente. en lo que es el módulo de ruptura y compresión el tablero con 3% obtuvo 46.19 kg/cm^2 y 1.54% respectivamente; el tablero con 6% obtuvo 29.41 kg/cm^2 y 3,20% respectivamente; y el tablero con 9% obtuvo 31.30 kg/cm^2 y 5.72% respectivamente.

Camac (2012), en su trabajo “Influencia de la mezcla de aserrín – cemento en las propiedades de absorción, hinchamiento y a la flexión estática de los tableros de *Virola spp*.”. se elaboró tableros con 4 proporciones (cemento/aserrín): (60/40), (70/30), (80/20) y (100/0) en base a la metodología de las normas alemanas DIN 52.364 y 52.362. En lo que es absorción para la proporción 60/40 a 2 horas de inmersión de 13.49% y 24 horas de 16.64%; para la proporción 70/30 a 2 hrs. de 9.31% y 24 hrs 13.26 y para la proporción 80/20 a 2 hrs. de 3.07% y 24 hrs 4.57%. En Hinchamiento en espesor, para la proporción 60/40 a 2 horas de inmersión de 0.91% y 24 horas de 1.20%; para la proporción 70/30 a 2 hrs. de 0.45% y 24 hrs 0.78% y para la proporción 80/20 a 2 hrs. de 0.22% y 24 hrs 0.44 %. Se encuentra una relación directa en donde con el incremento de partículas de aserrín aumenta la absorción e hinchamiento. Respecto a la Flexión Estática, para la proporción 60/40 se obtuvo un valor para el módulo de elasticidad de 18.38 kg/cm^2 y en el módulo de ruptura de 32.32 kg/cm^2; para la proporción 70/30 el módulo de elasticidad fue de 28.10 kg/cm^2 y en el módulo de ruptura de 40.68 kg/cm^2 y para la proporción 80/20 el módulo de elasticidad fue 41.61 kg/cm^2 y en el módulo

de ruptura de 59.63 kg/cm^2. Con el incremento de partículas de aserrín disminuye la flexión estática.

Espinoza (2010), en su trabajo de Investigación “Aptitud de *Guadua angustifolia* Kunth en la elaboración de tableros aglomerados con cemento”. Se utilizaron las fibras como material de refuerzo de los tableros con fines de revestimiento. El autor señala que los haces del bambú son aptos para la elaboración de tableros aglomerados con cemento logrando un material con características tecnológicas acordes con la norma DIN 1101. Los resultados indican que a menor porcentaje de fibras la humedad es menor en el tablero, también brinda mayor densidad (5% de fibras obtuvo 1.57 g/cm^3). Asimismo, a mayor porcentaje de fibra obtuvo mayor compresión (15% de fibra es 0.96% de compresión). A menor porcentaje de fibra mayor módulo de ruptura (5% de fibras obtuvo 42.33 kg/cm^2)

Valenzuela & Cruz (1982), en su trabajo de investigación “Aptitud de la madera de cinco especies forestales para fabricar tableros de fibro – cemento”. Se elaboró tableros utilizando las hebras de madera de 5 especies, cemento y agua. La proporción escogida de cemento, madera y agua fue de 1:0.5 y 0.5 respectivamente. Siendo las especies Manchinga y Eucalipto aptas y la especie Tornillo medianamente aptas y que a mayor porcentaje de extractivos la afinidad con el cemento disminuye.

2.2. Base teórica

2.2.1. Tableros fibrocemento

Beraldo (2012), es un material aplicado generalmente para la construcción, conformado por un aglomerante inorgánico soluble en agua como el cemento o un silicato de calcio reforzado con fibras, en los últimos años se masificó el uso de fibras de vidrio. El fibrocemento se usa generalmente para los revestimientos, aislamientos e impermeabilización de numerosas estructuras. Área Técnica – AITIM – MADERA (2015), define que son tableros que se obtienen aplicando presión a partículas de madera de otra naturaleza vegetal, que han sido aglomeradas previamente con mortero de cemento Portland ordinario. En algunas

ocasiones se utiliza la denominación inglesa CBPB que se corresponden con las iniciales de Cement Bonded Particle Board.

Beraldo (2012), indica las principales características de los tableros:

- Son impermeables, fáciles de cortar y perforar.
- Uso en construcciones como material de acabado. Recubrimiento de exteriores, almacenes y ganaderías.
- Las presentaciones de este material son lisas u onduladas en distintas medidas, fabricándose piezas especiales de las más variadas formas.

Área Técnica – AITIM – MADERA (2015), menciona otras aplicaciones:

Transporte: pisos de camiones, vagones de trenes, remolques para caballos, puertas de vehículos. Y en **Construcción**: encofrados, cubiertas, paneles sándwich, revestimientos, tabiques - particiones, casas prefabricadas, falsos techos, suelos de gran tránsito, suelos elevados.

Carpintería: puertas resistentes al fuego.

2.2.1.1. Clasificación

Noriega (1996), la clasificación puede estar en función de variables como materia prima empleada, método de producción, aplicación y a otros aspectos genéricos, pero la condición más representativa para realizar la clasificación de los tableros fibrocemento es su densidad.

Tabla 1.
Clasificación de tableros fibrocemento según su densidad

Tipos de tablero	Densidad (kg/m^3)
Tablero de baja densidad	250 a 400
Tablero de media densidad	400 a 800
Tablero de alta densidad	>800

Nota: Clasificación de fibrocemento según densidad del tablero (*Noriega, 1996).*

2.2.1.2. Propiedades de los tableros

Área Técnica – AITIM – MADERA (2015), se caracterizan por su elevada rigidez, buena resistencia a la humedad, excelente comportamiento al fuego y buenas propiedades de aislamiento acústico.

Densidad: en la norma UNE-EN 634-2 se especifica que su densidad, para todos los espesores, debe ser 1000 kg/m^3.

Contenido de humedad: de acuerdo con la norma UNE-EN 634-1 se suministrarán con humedades comprendidas entre el 6 y el 12 %.

Estabilidad dimensional: es muy similar a la del tablero de partículas.

Resistencia a la humedad: su resistencia es muy superior a la del tablero de partículas por eso es más frecuente verlo en aplicaciones de exterior. Presenta una escasa hinchazón. La absorción de agua indicada por algunos fabricantes, es de 30-32%.

Conductividad térmica: es muy superior al MDF, algo mayor que la del tablero de partículas y similar al de madera maciza, lo que indica que el cemento, al ser más conductor que la cola aumenta la conductividad del conjunto.

Aislamiento acústico: debido a su alta densidad y peso (entre 1.5 y dos veces la de los demás tableros derivados de la madera) es un material adecuado para el aislamiento acústico ante ruido aéreo, aunque no sea absorbente, al carecer de poros abiertos.

Permeabilidad al vapor de agua: se puede determinar de acuerdo con la norma UNE-EN-ISO 12572 o utilizar los valores que se recogen en la norma UNE-EN 13986.

Emisión y contenido de formaldehído: su contenido y emisión de formaldehído son nulos ya que el aglomerante es el cemento que no incorpora formaldehído.

Comportamiento al fuego: su comportamiento al fuego es excelente, de hecho, se utiliza para mejorar la reacción y resistencia al fuego de otros elementos de madera, como por ejemplo las puertas resistentes al fuego. Sus valores de Euroclase de reacción al fuego están normalizados sin necesidad de ensayo son los siguientes: B-s1, d0 (excluyendo suelos) y BFL-s1 (para la clase suelos)

Durabilidad - Comportamiento frente a los agentes biológicos: debido a la presencia de cemento el riesgo de ataque por agentes xilófagos es despreciable o insignificante tanto a hongos como a insectos xilófagos. Además, su alta alcalinidad, pH de 12 a 13, favorece su gran durabilidad natural.

Acabado: debido a su alcalinidad es necesario utilizar acabados resistentes a los álcalis y solicitar la ayuda de profesionales.

Resistencia a la congelación: buen comportamiento para uso exterior (especialmente fachadas) en climas fríos.

Resistencia al choque duro: su resistencia al impacto por choque de cuerpo duro es inferior a la de los tableros de partículas, pero superior a los de los tableros de yeso.

Dureza: corte y mecanizado: se pueden mecanizar, tanto en sus caras como en sus cantos, pero requiere útiles de carburo de tungsteno o sierras impregnadas con diamantes, además de un correcto sistema de extracción de polvo.

Fijaciones: los tableros madera-cemento requieren fijaciones específicas.

2.2.1.3. Materiales/ Composición

Área Técnica – AITIM – MADERA (2015), el tablero está formado por partículas de madera, cemento Portland y aditivos químicos cuya misión es acelerar el proceso de fraguado del cemento. Normalmente forma tres capas, de forma similar a los tableros de partículas.

Partículas de madera: están presentes del 27 al 65%, dependiendo de si es un tablero para carpintería o construcción. Las partículas están en forma de astillas cuya longitud varía de 10 a 35 mm y su espesor de 0.2 a 0.35 mm. Las fibras tienen que ser fuertes, resistentes rígidas, ligeras y con una temperatura de fusión alta, prefiriéndose las fibras que tengan límites plásticos específicos y módulos de elasticidad altos. Un mayor porcentaje de fibras dentro de los tableros asegura una mayor rigidez y resistencia de éstos, sin embargo, existe un porcentaje máximo que está determinado por la necesidad de que la totalidad de superficie de las fibras esté recubierta con el material matriz, este límite máximo suele ser de 80%. La orientación de las fibras dentro del compuesto puede hacer variar las propiedades de resistencia, especialmente en su módulo de elasticidad. Si las fibras continuas son colocadas paralelas y unidireccionalmente se obtiene un compuesto más resistente, aunque con serios problemas de anisotropía. Para evitar estos problemas se coloca las fibras en disposición ortogonal cruzada en una o varias capas, así se

obtiene un compuesto menos resistente pero más estable dimensionalmente (Espinoza, 2010).

Mortero de cemento: está presente del 25% al 38% dependiendo de si es un tablero para carpintería o construcción (Área Técnica - AITIM - MADERA 2015). El cemento portland es un conglomerante que mezclado con agua crea una mezcla uniforme, maleable y plástica que fragua y endurece adquiriendo consistencia pétrea. El cemento Portland es el tipo de cemento más utilizado como aglomerante para la preparación del concreto, posee propiedades adherentes que solidifica en algunas horas y endurece progresivamente durante un periodo de varias semanas hasta adquirir su resistencia característica (Gamarra, 2016).

Tabla 2.
Composición química del cemento Portland

Componente químico	Total	Procedencia usual	Porcentaje típico	Abreviaturas
Oxido de calcio		Rocas calizas	61% - 67%	C
Oxido de sílice		Areniscas	20% - 27%	S
Oxido de aluminio	95%	Arcillas	4% - 7%	A
Oxido de fierro		Arcillas, mineral de hierro, pirita	2% - 4%	F
Oxido de magnesio, sodio		Minerales varios	1% - 3%	
Potasio, titanio, azufre	5%		1% - 5%	
Fósforo, manganeso			0.25%–1.5%	

Nota: Composición química del cemento Portland

Aditivos: se añaden para regular la operación de fraguado o en su caso para mejorar alguna propiedad, en porcentajes que varían del 1 al 3%.

Espinoza (2010), para favorecer el fraguado de la mezcla de cemento y fibras se utilizan mineralizantes. El efecto del mineralizantes es la aceleración del fraguado inicial, este aceleramiento del fraguado y del endurecimiento varía mucho en función de la clase y el tipo de cemento, de la cantidad de agua y de la temperatura de la mezcla. De forma genérica se puede afirmar que la incorporación de un acelerante de fraguado produce un aumento de la resistencia inicial. Los más utilizados son:

- Cloruro de aluminio ($AlCl_3 6H_2O$)
- Sulfato alumínico ($Al_2SO_4)18H_2O$)
- Cloruro de sodio (NaCl)
- Cloruro de calcio (Cl_2Ca)

Siendo este último tratamiento el más utilizado a nivel comercial por ser el que representa un menor costo económico y porque es más adaptable para ser llevado a una escala industrial.

2.2.1.4. Elaboración de los tableros

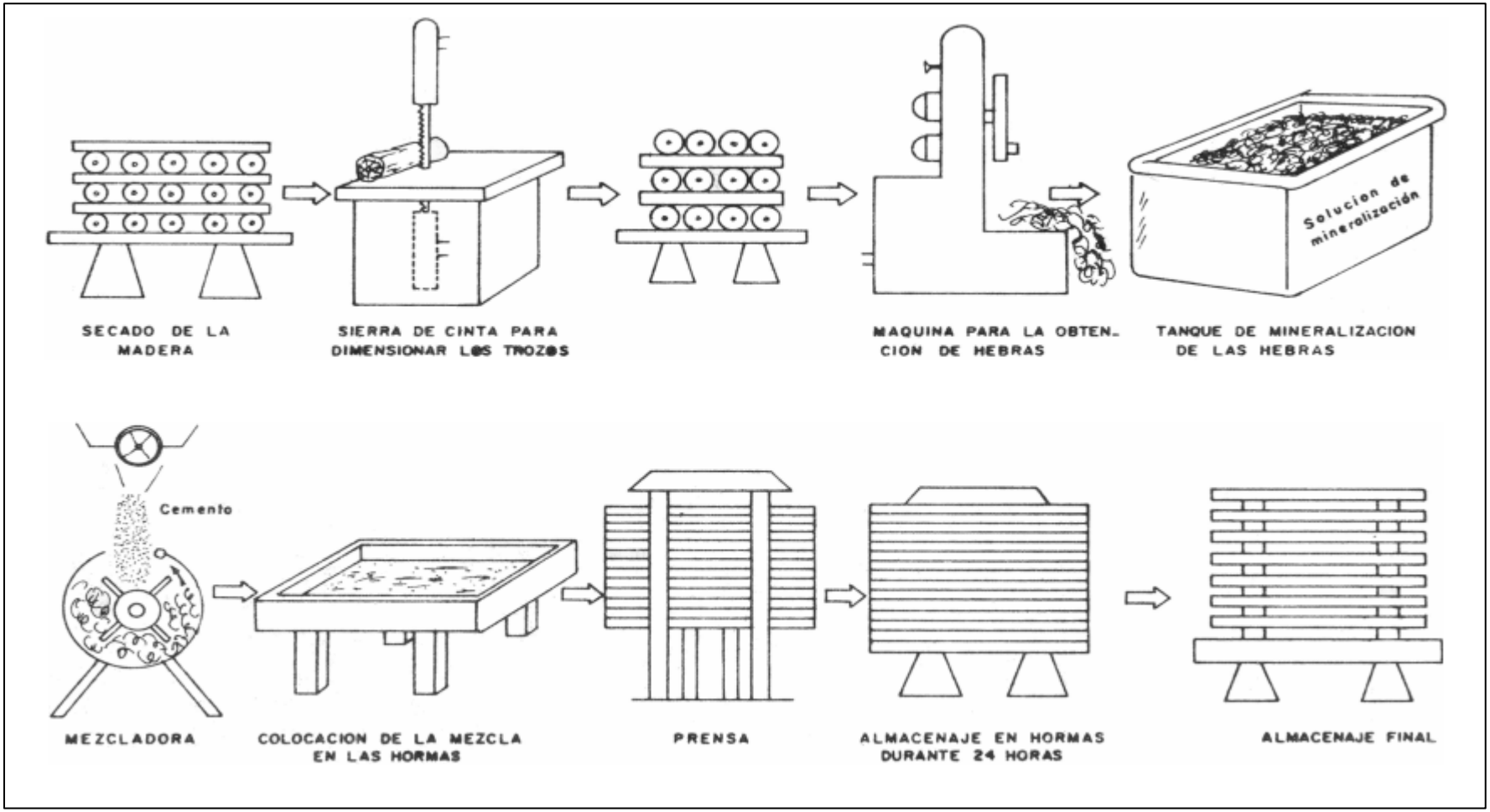
Para su elaboración se recomienda que la total limpieza a la hora de mezclar los materiales y así obtener una reacción uniforme y así lograr resultados satisfactorios. Cerrón (2009), sostiene que “después que se obtienen las fibras estos deben estar en proceso de aislamiento del ambiente para así tener mejor adherencia al cemento, si las fibras son vegetales, estas deben pasar un proceso de mineralización, el porcentaje de mineralización varía entre 3% a 5% dependiendo del aditivo.” Las placas de fibrocemento son fabricadas generalmente de dos maneras:

- Moldeo: Que radica en el asentamiento de la mezcla en moldes, sin que estas tengan algún tipo de presión.
- Compactación: La mezcla es puesta en el molde y sometida a presión por intervalos de tiempo

La eficiencia de los procesos este derivado a la propiedades y características propias de las fibras, ya sean artificiales o de origen vegetal, en su tamaño, distribución y morfología, del porcentaje con el porcentaje total de la mezcla, se recomienda que en el método de moldeo la mezcla deba ponerse rápidamente en el molde, para así evitar perdida de agua y secado prematuro.

El proceso de desmolde en caso de no usar celulosa seria de un tiempo prolongado, el tiempo de desmolde es un problema de alcance industrial en la fabricación de materiales de fibrocemento. En el proceso de curado, es recomendable tener ciclos de humidificación, las fibras vegetales tienden a liberan fracción de su agua para el cemento provocando dificultades en el inicio del curado. Es recomendable tener ciclos de humidificación y secado, que pueden tener resultados favorables en la estabilidad dimensional de las placas. Para finalizar se almacenan las placas por un periodo que varía del tipo de dosificación y uso, este tiempo vario entre los 3 hasta los 20 días, a fin que el cemento tenga un endurecimiento satisfactorio (Beraldo, 2012).

Figura 1.
Esquema del proceso de fabricación de tableros fibrocemento



Nota: Proceso de fabricación de tableros fibrocemento desde secado de madera hasta producto final (*Valenzuela & Cruz, 1982).*

2.2.2. *Guazuma crinita* Mart. (Bolaina blanca)

2.2.2.1. Descripción botánica

Según (Lao, 1967 y taquire, 1987) citado por Odicio (2017), *Guazuma crinita* presenta la siguiente clasificación taxonómica:

Reino: Vegetal
División: Fanerógama
Orden: Malvales
Familia: Sterculiaceae
Género: Guazuma
Especie: Crinita Martius.
Sinónimos: Guazuma rosea Poeppig.
Nombre común: Bolaina blanca

Árbol que alcanza los 35 m de altura y 60 cm de diámetro. Se encuentra distribuida en las formaciones ecológicas, bosque tropical seco y bosque sub tropical muy húmedo, o sea en las zonas de Pucallpa y Tingo María. Es excelente al comportamiento al cepillado y a la trabajabilidad. En el aserrío la madera es fácil, moderadamente susceptible al ataque de biológico. (Flores, 2007).

La floración y fructificación ocurre anualmente. La floración dura aproximadamente 2 meses, posteriormente las flores caen y el árbol permanece solo con hojas por 3 a 4 semanas hasta que empiezan a aparecer los frutos. La maduración de los frutos dura entre 2 a 3 meses y la diseminación de semillas alcanza su máxima intensidad en los meses de septiembre y Octubre (final de la época seca). La semilla es pequeña (1 mm de diámetro), con embrión bien desarrollado, posee entre 10 a 20 semillas por fruto y un promedio de 860 000 en 1 kg. No se requiere ningún tratamiento pre germinativo, la germinación inicia entre el 7 y 15 días después del almacigado obteniendo con semillas recién cosechadas entre 30 a 60 % de germinación (germinación epigea). Para almacenar las semillas la mejor temperatura es de 25°C, considerándose aceptable hasta los 8 meses. Las semillas de esta especie se pueden considerar como moderadamente ortodoxas. La plántula posee raíz principal marrón claro, cotiledón pequeño, foliáceo, persistente y verde. El tallo principal

cilíndrico, ligeramente pulverulento. El limbo es ovado a subcordado, borde desigualmente dentado, y presencia de pelos cortos dispersos en el haz y envés (Flores 2004; IIAP 2009; Soudre 2012 citado por Odicio, 2017).

Figura 2.
Trozas de bolaina blanca



Nota*: acopio y Transporte fluvial de madera rolliza de la bolaina blanca en la ciudad de* Pucallpa (Gorbitz, 2020).

Figura 3.
Aserraderos de bolaina blanca en Pucallpa



Nota*: Transformación mecánica de la madera rolliza de bolaina blanca a tablillas en las laderas de la ciudad de Pucallpa* (Izurieta, 2014)

2.2.2.2. Características tecnológicas

INIA (sf), indica que la bolaina blanca es una madera liviana, que presenta contracciones lineales medias y la contracción volumétrica estable. Para la resistencia mecánica se sitúa en el límite de la categoría baja con la categoría media.

Propiedades Físicas
Densidad básica 0.41 g/cm^3
Contracción tangencial 5.50 %
Contracción radial 3.50 %
Contracción volumétrica 10.75 %
Relación T/R 1.60

Propiedades Mecánicas
Módulo de elasticidad en flexión 97,860 kg/cm^2
Módulo de rotura en flexión 507.00 kg/cm^2
Compresión paralela (RM) 270.60 kg/cm^2
Compresión perpendicular (ELP) 50.91 kg/cm^2
Corte paralelo a las fibras 50.59 kg/cm^2
Dureza en los lados 303.43 kg/cm^2
Tenacidad (resistencia al choque) 0.98 kg-m

2.2.2.3. Usos de la madera

La madera es usada en construcción rural y urbana, cajonería, carpintería en general, laminado, fabricación de mondadientes, paletas de chupetes, baja lenguas, palos de fósforos, juguetería; es apta en pulpa para papel (INIA, sf).

2.2.2.4. Propiedades de los tableros madera – cemento

Las propiedades de los tableros cemento-madera que regularmente resultan ser evaluadas son resistencia a la flexiona estática como módulo de ruptura (MOR) y módulo de elasticidad (MOE), ensayo de compresión y dureza de lados y extremos.

Con la finalidad de determinar la calidad de los tableros madera-cemento se utilizó la escala de las propiedades mecánicas de la madera y productos derivado de la madera mencionada por Sibille A. (2006), establecida en la Guía de Procesamiento Industrial Fabricación de Muebles con Maderas, tal como se aprecia en la figura 4.

Figura 4.

Escala de las propiedades mecánicas de la madera y productos derivados de la madera.

PROPIEDAD MECÁNICA	RANGO	CALIDAD	GRADO	GRÁFICOS
FLEXIÓN				
Módulo de elasticidad (MOE) Clasifica la madera por su resistencia o esfuerzo a la aplicación de una carga central sin causar deformaciones.	Menor de 100 t/cm². De 101 a 120 t/cm². De 121 a 150 t/cm². De 151 a 200 t/cm². Mayor de 200 t/cm².	Muy flexible. Flexible. Poco rígida. Rígida. Muy rígida.	I II III IV V	
Módulo de ruptura (MOR) Clasifica la madera según su resistencia a esfuerzos en el cual se produce la falla o rotura. Se rompe por influencia de una carga.	Menor de 300 kg/cm². De 300 a 500 kg/cm². De 501 a 800 kg/cm². De 801 a 1000 kg/cm². Mayor de 1000 kg/cm².	Muy baja (MB). Baja (B). Mediana (M). Alta (A). Muy alta (MA).	I II III IV V	
COMPRESIÓN				
Compresión perpendicular (ELP) Resistencia de la madera a la fuerza que actúa en dirección perpendicular a las fibras. Esfuerzo de las fibras en el límite proporcional de la madera a la fuerza que actúa en dirección perpendicular a las fibras.	Menor de 10 kg/cm². De 10 a 40 kg/cm². De 41 a 70 kg/cm². De 71 a 100 kg/cm². Mayor de 100 kg/cm².	Muy baja (MB). Baja (B). Mediana (M). Alta (A). Muy alta (MA).	I II III IV V	
Compresión paralela (ER) Resistencia de la madera a la fuerza que actúa en dirección paralela a las fibras. La carga que produce la falla se considera resistencia máxima a la compresión paralela al grano.	Menor de 120 kg/cm². De 120 a 240 kg/cm². De 241 a 360 kg/cm². De 361 a 480 kg/cm². Mayor de 480 kg/cm².	Muy baja (MB). Baja (B). Mediana (M). Alta (A). Muy alta (MA).	I II III IV V	
CIZALLAMIENTO				
Corte paralelo a las fibras. Resistencia que ofrece la madera a la acción de dos fuerzas paralelas en dirección opuesta.	Menor de 30 kg/cm². De 30 a 60 kg/cm². De 61 a 90 kg/cm². De 91 a 120 kg/cm². Mayor de 120 kg/cm².	Muy baja (MB). Baja (B). Mediana (M). Alta (A). Muy alta (MA).	I II III IV V	
DUREZA EN LOS LADOS				
Resistencia de un cuerpo a la penetración de otro. Se clasifican el promedio de las cargas máximas de las cuatro caras de la pieza de madera. Sirve para clasificar a la madera según su dureza lateral.	Menor de 100 kg/cm². De 100 a 300 kg/cm². De 301 a 600 kg/cm². De 601 a 900 kg/cm². Mayor de 900 kg/cm².	Muy baja (MB). Baja (B). Mediana (M). Alta (A). Muy alta (MA).	I II III IV V	
TENACIDAD				
Resistencia de la madera al impacto o al choque, depende de la capacidad de absorber la energía para su deformación.	Menor de 1 kg/cm². De 1,1 a 2 kg/cm². De 2,1 a 3 kg/cm². De 3,1 a 4 kg/cm². Mayor de 4 kg/cm².	Muy baja (MB). Baja (B). Mediana (M). Alta (A). Muy alta (MA).	I II III IV V	

2.3. Definición de términos básicos

- **Dureza:** resistencia que opone la madera a la penetración de cuerpos extraños como ciertas herramientas (Montana, 2024).
- **Compresión:** Una pieza de madera está sometida a una carga de compresión cuando está bajo la acción de dos fuerzas iguales y de sentido contrario, aplicada sobre el área transversal y cuyo efecto es acortar la pieza y aumentar su sección. La rotura produce desgarramiento y separación de las fibras (Gilson, 2009).
- **Flexión estática:** Una madera está sometida a la flexión estática cuando sobre ella ejercen cargas en forma lenta que tienden a curvarla. Las maderas en uso generalmente están solicitadas por cargas o fuerzas que tienden a flexionarlas (Gilson, 2009).
- **Partículas de madera:** Las partículas de madera pueden ser astillas, partículas, serrín, virutas y similares. La forma y la dimensión de la partícula de madera tiene una gran influencia en las propiedades del tablero (Tablero de partículas, sf)

CAPITULO III
METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

Fue una investigación cuantitativa experimental ya que en ella se manipuló deliberadamente la variable independiente (Torres, 2013), y a la vez se observó la relación causa – efecto, en donde se modificó la composición del tablero adicionándolo diferentes tamaños de partículas de madera para poder establecer y discutir resultados de la flexión estática, compresión y dureza de los tableros.

Tabla 3.
Relación de las variables

Variable independiente (supuesta causa)		**Variable dependiente (supuesto efecto)**
Tamaño de partículas *3.35mm* *6.3mm* *9.5mm*	→ ***Mejora o disminuye*** →	Propiedades mecánicas: *Flexión estática* *Compresión* *Dureza*

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población fue finita y estuvo constituida por los 30 tableros conformados por cemento – madera de 50 cm x 10 cm x e(cm), en las cuales 10 tableros fueron hechos con tamaño de partícula 9.5 mm, 10 con tamaño 6.3 mm y 10 con tamaño 3.35mm.

3.2.2. Muestra

El tamaño de la muestra fue igual al tamaño de la población (N=n), todos los tableros elaborados fueron parte de la investigación. Por lo que se trabajó con el 100% de la población.

3.3. Procedimiento de recolección de datos

- Se recolectó partículas de madera de bolaina blanca de las tableadoras, cepilladoras y garlopados de la ciudad de Pucallpa, que fueron secadas al 14-15% de contenido de humedad. Se redujo la humedad de las partículas de madera para favorecer la adherencia con el cemento.

Figura 5.
Secado al aire libre de las partículas de madera de bolaina blanca.



- Clasificación del tamaño de partículas utilizando mallas metálicas, se elaboró 3 cernidores, uno con malla N° 9.5mm, otro con malla N° 6.3 mm y uno con malla N° 3.35mm. esta clasificación por tamaño de partículas sirvió para elaborar los tableros y verificar con que tamaño presenta mejor comportamiento mecánico.

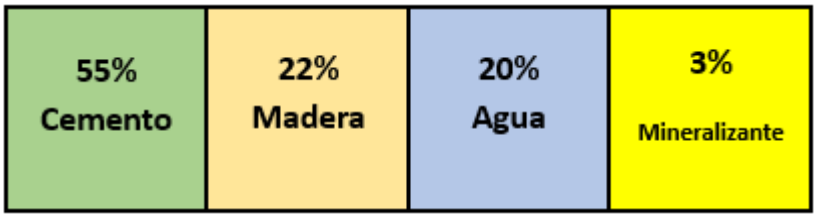
Figura 6.
Tamizado de las partículas con malla metálica



- Composición del tablero madera – cemento

  La madera representó el 22%. Como aglutinante hidráulico se utilizó el cemento portland que en contacto con el agua se endureció dando mayor resistencia al tablero, el cemento constituyo el 55% del tablero. Como mineralizante se usó el cloruro de sodio para atenuar la acción inhibidora que impiden la unión madera – cemento, este mineralizante constituyo el 3% del tablero. Para hacer la mezcla se usó agua potable, este componente representó el 20% del tablero.

  Figura 7.
  Proporción de insumos en el tablero madera cemento



- Elaboración de la pasta

  Para elaborar la pasta con mezcla madera – cemento – mineralizante – agua se usó moldes metálicos de 30 cm x 30 cm x 7cm. Se usó guantes para proteger las manos, se hizo la mezcla buscando uniformidad tratando que todos los componentes se mezclen.

- Elaboración del tablero madera – cemento

  La pasta del molde fue prensada a 25 kgf/cm^2 con un tiempo de prensado de 3 minutos. El tablero prensado se sometió al fraguado mediante cargas puntuales por 24 horas. Esto con la finalidad de que los componentes se adhieran entre ellos haciendo un bloque compacto.

Figura 8.
Mezclado de los componentes del tablero madera cemento



Figura 9.
Puesta de la mezcla en el molde para la elaboración del tablero



Figura 10.
Prensado del molde por 3 minutos



Figura 11.
Fraguado del tablero por 24 horas



Figura 12.
Tablero madera cemento terminado



Figura 13.
Tablero para flexión estática



- Maduración del tablero

  El tablero fue llevado a la estufa a una temperatura de 70°C durante 24 horas más. Este procedimiento consistió en asegurar una adecuada hidratación del cemento.

- Secado final del tablero madera – cemento

  Para su secado final se aumentó la temperatura a 105°C provocando la eliminación del exceso del agua en los paneles por 10 días.

Figura 14.
Secado de los tableros en el horno aproximadamente 12 – 15 días



- Elaboración de las probetas

  Con el producto ya finalizado se elaboró probetas: para ensayo de flexión estática fue de acuerdo a la norma NTP 251.076 en donde las medidas de la probeta son de 45cm x 5cm x e(cm) y para dureza se elaboró probeta de 5cm x 4cm x e(cm) de acuerdo a la norma NTP 251.081. y para compresión probetas de 20 cm x 5 cm x e(cm) según norma NTP 251.014.

- Ensayo de las probetas

  Las probetas dimensionadas fueron ensayadas con la ayuda de la prensa Universal Tinius Olsen que brindó los resultados de manera digital.

Figura 15.
Probetas para ensayos mecánicos



- **Flexión estática**

Las probetas se colocaron en la prensa de ensayo, teniendo el eje longitudinal paralelos al eje de los cabezales sujetas en sus extremos por dos mordazas, colocadas tanto en el cabezal fijo como en el cabezal móvil. Se puso en funcionamiento la prensa aplicando las cargas paralelas a la superficie de la probeta, pero en sentidos contrarios, hasta que se produzca la rotura, dándonos la fuerza máxima en kg. Se midió la máxima deflexión (d) obtenida, bajo una carga inferior al tercio de la carga ruptura. La velocidad de ensayo, para cualquier espesor de probeta, debe ser de 8 mm/min a 10 mm/min. Para la obtención de datos se utilizó fórmulas que se muestra en el punto 3.5 del presente informe de tesis.

Figura 16.
Ensayo de flexión estática del tablero madera cemento



Figura 17.
Probetas después de ser sometido a flexión estática



- **Dureza**

La dureza fue determinada por la carga registrada por la máquina de ensayo en el momento de que la bola haya penetrado hasta la mitad de su diámetro.

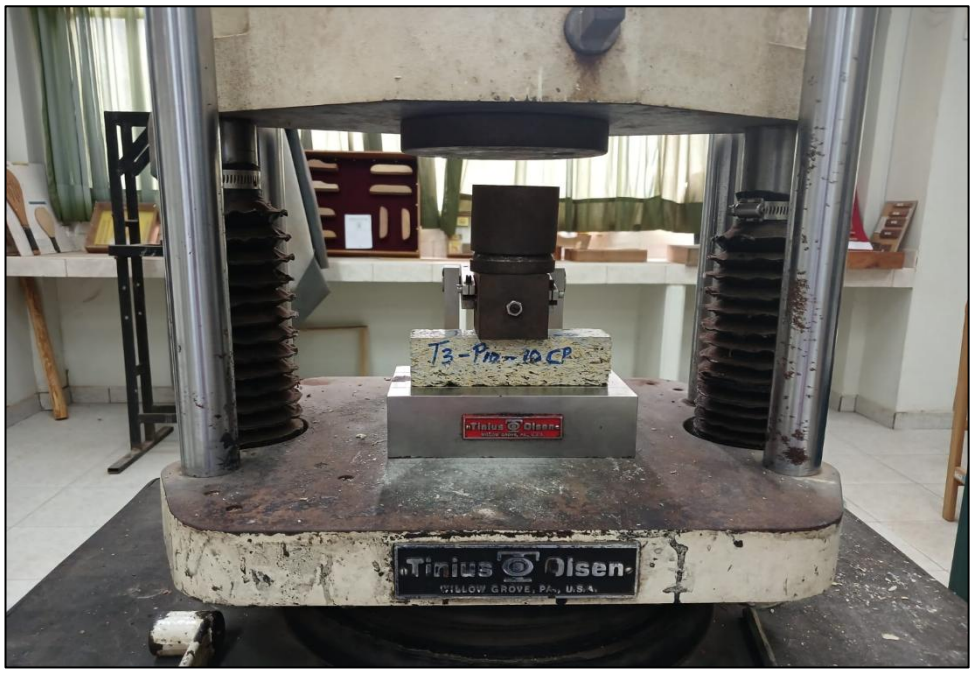
Figura 18.
Ensavo de dureza del tablero madera cemento



- **Compresión**

Se colocó la probeta de tal forma que el centro del cabezal móvil este verticalmente sobre el centro de la sección transversal de la probeta y se aplicó inicialmente una carga pequeña, no mayor a 1KN (101,97 kgf) para acomodar la probeta. La carga se aplicó continuamente durante el ensayo para hacer que el cabezal móvil de la máquina de ensayo se desplace a una velocidad constante de 0,01 mm/s. Se registró la lectura final de la carga máxima a la cual falla la probeta. Se usó la formula (ver 3.5).

Figura 19.
Ensayo de compresión de los tableros



3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos

3.4.1. Técnicas

Observación:
Principal técnica en donde se observó detenidamente cada operación realizada durante la ejecución de la investigación. La observación fue acompañada del análisis crítico de las cosas que se van dando.

Análisis documental:
Técnica que se utilizó para indagar las variables de estudio en otras fuentes de información como artículos científicos, tesis de investigación, reportes, informes, entre otros.

3.4.2. Instrumentos

Formato de apuntes/cuadernillo de apuntes:
Cada observación importante durante la investigación fue registrada en un cuaderno de apuntes, esto con la finalidad de utilizarlo en la etapa de procesamiento y discusión de resultados.

Cámara fotográfica:
Es necesario captar imágenes que fortalezcan la descripción de las actividades realizadas en la investigación.

3.5. Procesamiento de recolección de datos

Para obtener los datos de los ensayos mecánicos de los tableros madera – cemento se usó las fórmulas que se presentan a continuación:

3.5.1. Flexión estática

3.5.1.1. Módulo de Ruptura (kgf/cm^2)

$$MOR = \frac{1.5 * \ carga\ máxima * luz\ entre\ apoyos}{ancho\ probeta * (altura\ probeta)^2}\ (\frac{kg}{cm^2})$$

3.5.1.2. Módulo de elasticidad (kgf/cm^2)

$$MOE = \frac{0.25 * \ (luz\ entre\ apoyos)^3 * CLP}{ancho\ probeta * (altura\ probeta)^3 * DLP}\ (\frac{kg}{cm^2})$$

Donde:
CLP: carga en el límite proporcional (kg)
DLP: deformación en el límite proporcional (cm)

3.5.2. Dureza (kg):

La dureza fue proporcionada por la máquina, no se requirió formula.

3.5.3. Compresión (kg/cm^2)

$$Compresión = \frac{carga\ maxima\ (kg)}{area\ (cm^2)}$$

3.6. Tratamiento de datos

Para verificar si existe relación entre el tamaño de las partículas y las propiedades mecánicas se analizó bajo un análisis de correlación (r) y análisis de regresión lineal para ver si el tamaño de partículas y las propiedades mecánicas estudiadas tienen una relación significativa directamente o inversamente proporcional.

Tabla 4.

Análisis de correlación y regresión

VI	VD	r	r^2	r_{obs} 0.05	r_{obs} 0.01	Significancia
Tamaño de las partículas	Flexión estática Dureza Compresión					

En donde r: coeficiente de correlación r^2: coeficiente de determinación. Si el: $r > r_{0,05}$ habrá relación significativa (*) y si el $r > r_{0,01}$ habrá relación altamente significativa (**)

CAPITULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Influencia del tamaño de partículas en la resistencia a la Flexión estática de tableros madera - cemento

Tabla 5.
Estadísticos descriptivos de la influencia del tamaño de partículas de madera en la resistencia a flexión estática de tableros madera – cemento

Estadísticos	Tamaños de partículas					
	3.35 mm		6.3 mm		9.5 mm	
	MOR kgf/cm²	MOE kgf/cm²	MOR kgf/cm²	MOE kgf/cm²	MOR kgf/cm²	MOE kgf/cm²
Recuento	8	8	8	8	8	8
Media	460.58	22989.01	429.00	22945.72	616.73	29996.76
Máximo	602.03	43054.08	562.29	39432.88	727.28	43011.52
Mínimo	314.43	7979.67	235.53	10321.21	551.55	13841.27
Rango	287.60	35074.41	326.76	29111.67	175.73	29170.25
S	100.74	12344.35	129.18	8315.73	65.92	9792.60
CV (%)	21.87	53.70	30.11	36.24	10.69	32.65

Nota: *"S^2" Varianza, "S" desviación estándar, "CV" coeficiente de variación*

La tabla 5 muestra que el módulo de ruptura los tableros elaborados con partículas de tamaño de 3.35mm de G*uazuma crinita* Mart. (bolaina blanca) obtuvo una media de 460.58 kgfcm^2; los ensayos mostraron valores que oscilan entre 314.43 kgf/cm^2 como valor mínimo y 602.03 kgf/cm^2 como valor máximo; una desviación estándar de 100.74 kgf/cm^2 y un coeficiente de variación (CV) de 21.87%; De acuerdo al MOR promedio y comparando con la escala establecida por (Sibille, 2006), los tableros madera-cemento de partículas de tamaño 3.5 mm son de baja resistencia.

Los tableros elaborados con partículas de tamaño 6.3mm de G*uazuma crinita* Mart. (bolaina blanca) obtuvo una media de 429 kgf/cm^2; el ensayo demostró como valor mínimo de 235.53 kgfcm^2 y valor máximo de 562.29 kgf/cm^2; una desviación estándar de 129.18 kgf/cm^2 y CV de 30.11%; De acuerdo al MOR promedio y comparando con la escala establecida por (Sibille, 2006), los tableros madera-cemento de partículas de tamaño 6.3 mm también son de baja resistencia.

Y los tableros elaborados con tamaño de partículas de 9.5mm de G*uazuma crinita* Mart. (bolaina blanca) obtuvo una media de 616.73 kgf/cm^2; el ensayo demostró como valor mínimo de 551.55 kgf/cm^2 y valor máximo de

727.28 kgf/cm^2; una desviación estándar de 65.92 kgf/cm^2 y CV de 10.69%; De acuerdo al MOR promedio y comparando con la escala establecida por (Sibille, 2006), los tableros madera-cemento de partículas de tamaño 9.5 mm también son de mediana resistencia.

En lo que es el módulo de elasticidad (MOE) los tableros elaborados con tamaño de partículas de 3.35mm de G*uazuma crinita* Mart. (bolaina blanca) obtuvo una media de 22 989.01 kgf/cm^2; los ensayos mostraron valores que oscilan entre 7979,67 kgf/cm^2 como valor mínimo y 43 054.08 kgf/cm^2 como valor máximo; una desviación estándar de 12 344.35 kg/cm^2 y un coeficiente de variación (CV) de 53.7%; de acuerdo al MOE promedio y comparando con la escala establecida por (Sibille, 2006), los tableros madera-cemento de partículas de tamaño 3.35 mm resultaron tableros muy flexibles.

Los tableros elaborados con tamaño de partículas de 6.3mm de G*uazuma crinita* Mart. (bolaina blanca) obtuvo una media de 22 945.72 kgf/cm^2; el ensayo demostró como valor mínimo de 10 321.21 kgf/cm^2 y valor máximo de 39 432.88 kgf/cm^2; una desviación estándar de 8 315.73 kgf/cm^2 y CV de 36.24%; de acuerdo al MOE promedio y comparando con la escala establecida por (Sibille, 2006), los tableros madera-cemento de partículas de tamaño 6.3 mm también resultaron tableros muy flexibles.

Y los tableros elaborados con tamaño de partículas de 9.5mm de G*uazuma crinita* Mart. (bolaina blanca) obtuvo una media de 29 996.76 kgf/cm^2; el ensayo demostró como valor mínimo de 13 841.27 kgf/cm^2 y valor máximo de 43 011.52 kgf/cm^2; una desviación estándar de 9 792.6 kgf/cm^2 y CV de 32.65%; de acuerdo al MOE promedio y comparando con la escala establecida por (Sibille, 2006), los tableros madera-cemento de partículas de tamaño 9.5 mm resultaron tableros muy flexibles.

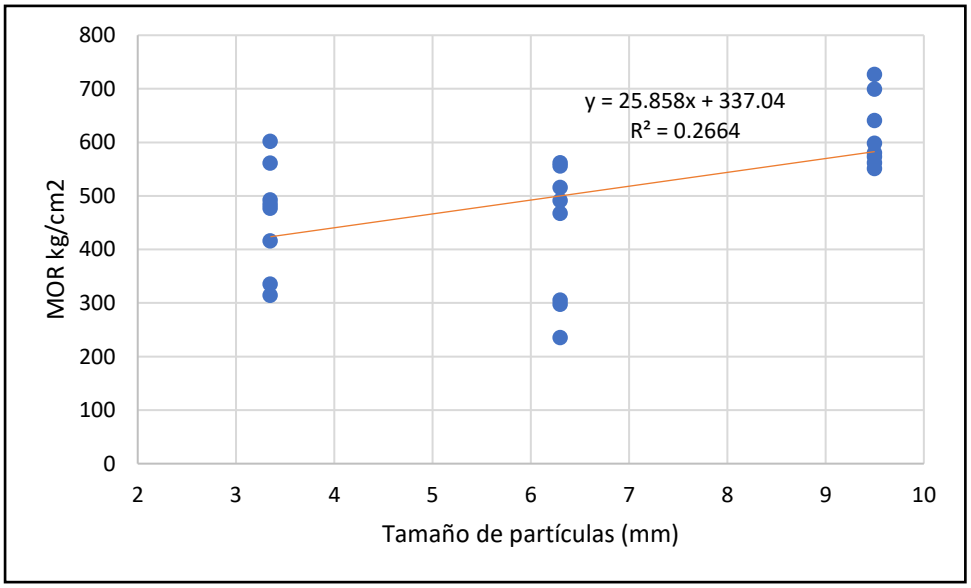
4.1.1. Influencia del tamaño de partículas de la madera en el módulo de ruptura (MOR) de los tableros madera - cemento

Tabla 6.
Análisis de correlación y regresión entre el tamaño de partículas y el MOR de los tableros madera - cemento

Variables	R	R^2	Ecuación	R critico 0.01	Sig.
Tamaño de partículas vs MOR (kg/cm^2)	0.516	0.266	Y=337.04 + 25.858X	0.404	**

Nota: "R" coeficiente de correlación, "R^2": coeficiente de determinación, (**): altamente significativo.

Figura 20.
Análisis de correlación y regresión del tamaño de partículas y el MOR de los tableros madera - cemento



En la tabla 6 y figura 20, se aprecia que el tamaño de partículas de la madera de G*uazuma crinita* Mart (bolaina blanca) y el módulo de ruptura de los tableros madera - cemento presentan una relación altamente significativa (R=0.516), y según el coeficiente de regresión indica que conforme se incrementa el tamaño de partículas en un milímetro, el MOR del tablero también se incrementa a razón de 25.86kgf/cm^2. Asimismo, se aprecia que según el coeficiente de determinación (r^2) el tamaño de las partículas influye en el módulo de ruptura del tablero en 26.64% y que el 73.14% depende de otros factores como la presión de conformación, componentes químicos de la madera entre otros.

Sobre el caso Fuentes et al. (2011), sostiene que al aumentar el tamaño de las partículas se va requerir mayor cantidad de cemento lo que conlleva a brindarle mayor resistencia a la flexión estática particularmente el MOR. Asimismo, al aumentar el cemento disminuirá el volumen de espacios vacíos; por lo que el tablero tendrá mayor densidad mejorando su resistencia a la flexión (Escriba, 2021). Finalmente, la flexión aumenta linealmente en función a la densidad de los tableros (Tello, 2006).

Espinoza (2010), menciona que las partículas de madera cumplen funciones en la construcción, el cemento sin ningún refuerzo tiene una alta resistencia, la utilización de las fibras en los tableros madera cemento contribuye a mejorar propiedades como resistencia a la tensión, flexión o al agrietamiento, pues las fibras confieren ductilidad y capacidad de absorber energía, sin embargo, el aporte más importante que brinda la fibra al concreto es el aumento de su tenacidad. Espinoza demostró que un tablero reforzado con fibras presentó 3 veces más resistencia a la flexión comparado con un tablero sin refuerzo.

4.1.2. Influencia del tamaño de partículas de la madera en el módulo de elasticidad (MOE) de los tableros madera - cemento

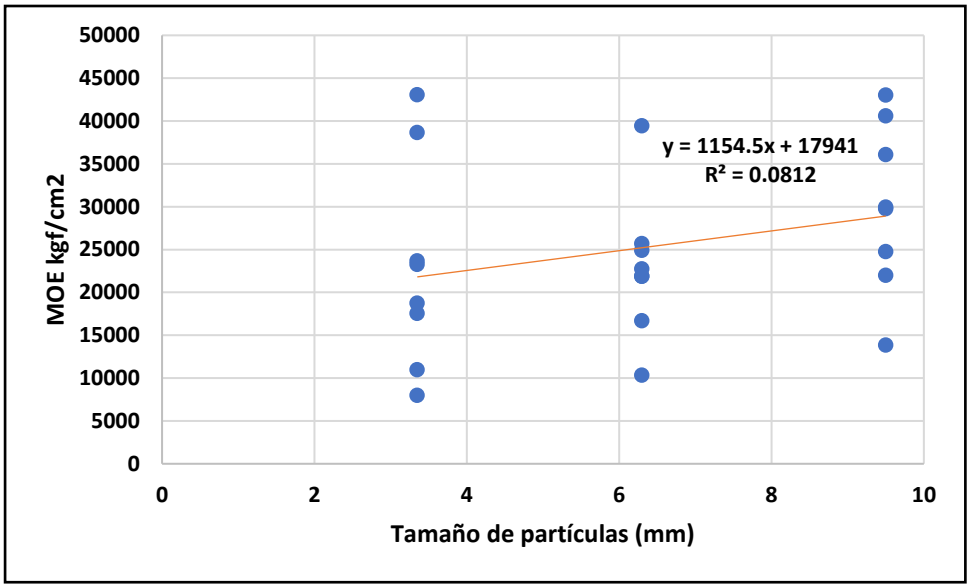
Tabla 7.

Análisis de correlación y regresión entre el tamaño de partículas y el MOE de los tableros madera - cemento

Variables	R	R^2x100	Ecuación	R critico 0.01	Sig.
Tamaño de partículas vs MOE (kg/cm^2)	0.285	8.12	Y=17941.149 + 1154.467X	0.344	Ns

Nota: "R" coeficiente de correlación, "R^2" coeficiente de determinación, (ns) no significativo

Figura 21.
Análisis de correlación y regresión del tamaño de partículas y el MOE de los tableros madera – cemento



En la tabla 7 y figura 21 se observa, que no existe una relación significativa entre el tamaño de partículas de madera de G*uazuma crinita* Mart. (bolaina blanca) y el MOE del tablero madera – cemento, debido a que presenta un coeficiente de correlación de (R=0.285), lo que indica conforme se incrementa el tamaño de partículas de la madera de bolaina blanca, el MOE se mantiene casi constante, poniendo en evidencia que el tamaño de las partículas de la madera no influye en la flexibilidad del tablero madera – cemento.

Cea (2003), indica que este comportamiento puede manifestarse debido a que existe un tamaño de partículas de madera máximo a partir del cual no se logra mayores mejoras en dicha propiedad; Esto demuestra que, según el análisis de regresión a partir de un tamaño de partícula de 3.35mm de bolaina blanca, el MOE será constante en el tablero madera cemento.

Es necesario considerar que el aumento de espesor de las partículas disminuye la resistencia a la flexión, por eso es recomendable uniformizar el espesor al momento de elaborar los tableros (Tello, 2006).

Un mayor porcentaje de fibras mejora las propiedades de módulo de elasticidad, sin embargo, existe un porcentaje máximo de fibras dentro de los tableros, así como también la orientación de las fibras puede hacer variar las propiedades de resistencia, especialmente el módulo de elasticidad (Espinoza, 2010).

4.2. Influencia del tamaño de partículas de la madera en la resistencia a la compresión de tableros madera - cemento

Tabla 8.
Estadísticos descriptivos del ensayo de compresión (kgf/cm2) de tres tipos de tablero madera cemento

Estadísticos	Tamaño de partículas (mm)		
	3.35	**6.3**	**9.5**
Recuento	8	8	8
Máximo	63.40	131.52	219.96
Mínimo	57.14	127.97	146.04
Rango	6.26	3.55	73.92
S	2.10	1.30	25.68
S^2	4.42	1.70	659.39
Media	61.03	129.71	191.84
CV (%)	3.44	1.00	13.39

Nota: *"S^2" Varianza, "S" desviación estándar, "CV" coeficiente de variación*

La tabla 8 muestra que los tableros madera cemento elaborados con tamaño de partículas de 3.35mm de G*uazuma crinita* Mart. (bolaina blanca) obtuvo una media en compresión de 61.03kgf/cm^2; asimismo se evidencio valor máximo de 63.40kgf/cm^2 y valor mínimo de 57.14kgf/cm^2 y un coeficiente de variación (CV) de 3.44%; de acuerdo a la compresión promedio y comparando con la escala establecida por (Sibille, 2006), los tableros madera-cemento de partículas de tamaño 3.35 mm resultaron tableros de calidad mediana.

Los tableros madera cemento elaborados con tamaño de partículas 6.3mm de G*uazuma crinita* Mart. (bolaina blanca) obtuvo una media en compresión de 129.71kgf/cm^2; asimismo se evidencio valor máximo de 131.52kgf/cm^2 y valor mínimo de 127.97kgf/cm^2 y un coeficiente de variación (CV) de 1%; de acuerdo a la compresión promedio y comparando con la escala establecida por (Sibille, 2006), los tableros madera-cemento de partículas de tamaño 6.3 mm resultaron tableros de calidad muy alta.

Los tableros madera cemento elaborados con tamaño de partículas 9.5mm de G*uazuma crinita* Mart. (bolaina blanca) obtuvo una media en compresión de 191.84kg/cm^2; asimismo se evidencio valor máximo de 219.96kg/cm^2 y valor mínimo de 146.04kg/cm^2 y un coeficiente de variación (CV) de 13.39%; de acuerdo a la compresión promedio y comparando con la

escala establecida por (Sibille, 2006), los tableros madera-cemento de partículas de tamaño 9.5 mm resultaron tableros de calidad muy alta.

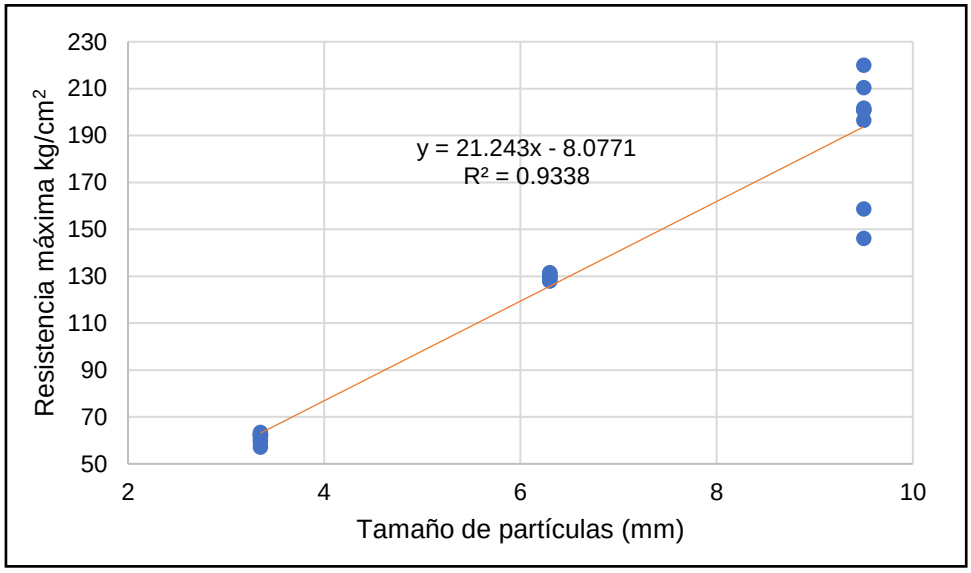
4.2.1. Influencia del tamaño de partículas de la madera de bolaina blanca en la compresión de los tableros fibro cemento

Tabla 9.
Análisis de correlación y regresión entre el tamaño de partículas y la compresión de los tableros madera cemento

Variables	R	R^2x100	Ecuación	$R_{critico}$ 0.01	Sig.
Tamaño de partículas vs Compresión (kg/cm^2)	0.986**	0.934	Y= 21.243X-8.077	0.789	**

Nota: "R" coeficiente de correlación, "R^2" coeficiente de determinación, (**): altamente significativo

Figura 22.
Análisis de correlación y regresión del tamaño de partículas y la compresión del tablero madera - cemento



La tabla 9 y figura 22, se aprecia que el tamaño de partículas de la madera de G*uazuma crinita* Mart. (bolaina blanca) y la compresión de los tableros madera – cemento, presentan un coeficiente de correlación altamente significativa (R=0.986) y según el coeficiente de regresión indica que conforme se incrementa el tamaño de las partículas en un milímetro, la compresión del tablero también se incrementa a razón de 21.243 kg/cm^2. Asimismo, se aprecia que según el coeficiente de determinación (r^2) el tamaño de partículas influye en la compresión del tablero en 93.4% y que el 6.6% depende de otros factores.

Referente a ello, Quintero y Gonzales (2006) citado por (Sangama, 2020), indica que la compresión de los tableros a base de partículas mejora a partir de una longitud de 2cm; esto se debe a que hay mayor área de contacto y mayor anclaje (Gamarra, 2016). Además aporta positivamente a la apariencia del tablero, mejora el grado de contacto entre partículas, el comportamiento para su manufactura, pero también es responsable de la absorción de agua, por eso es necesario utilizar las proporciones adecuadas (Fuentes, Iñiguez, & Sanjuán, 2011).

Asimismo, el cemento sin ningún refuerzo tiene generalmente una alta resistencia a la compresión, sin embargo es necesario reforzarlo con fibras, puesto que mejora otras propiedades aparte de la compresión, como lo son la tenacidad de los tableros (Espinoza, 2010).

4.3. Influencia del tamaño de partículas en la dureza de tablero madera - cemento

4.3.1. Dureza de los lados del tablero madera cemento

Tabla 10.
Estadísticos descriptivos de la dureza (kg) de los lados y extremos de tableros madera cemento elaborados con tres tamaños de partículas

Estadísticos	Parte del Tablero					
	Lados			Extremos		
	Tamaño de partículas (mm)			Tamaño de partículas (mm)		
	3.35	6.3	9.5	3.35	6.3	9.5
Recuento	32	32	32	16	16	16
Máximo	294	392	830	320	398.60	1011
Mínimo	160.2	300	590	199.10	303	616
Rango	133.8	92	240	120.90	95.60	395
S	35.49	23.76	51.38	41.72	28.84	114.37
S^2	1259.75	564.55	2640.4	1740.31	831.62	13080.28
Media	239.54	349.70	658.1	264.45	370.47	712.52
CV (%)	14.82	6.79	7.81	15.78	7.78	16.05

Nota: *"S^2" Varianza, "S" desviación estándar, "CV" coeficiente de variación*

La tabla 10 muestra que los lados de los tableros madera cemento, elaborados con tamaño de partícula de 3.35mm obtuvo una media de dureza de 239.54 kg; asimismo se evidencio un valor máximo de 294kg y valor mínimo de 160.2kg y un coeficiente de variación de 14.82%; de acuerdo a la dureza promedio y comparando con la escala establecida por (Sibille, 2006), los

tableros madera-cemento de partículas de tamaño 3.35 mm resultaron tableros de baja dureza.

Los tableros madera cemento elaborados con tamaño de partícula de 6.3mm obtuvo una media de dureza de 349.70 kg; asimismo se evidencio un valor máximo de 392kg y valor mínimo de 300kg y un coeficiente de variación de 6.79%; de acuerdo a la compresión promedio y comparando con la escala establecida por (Sibille, 2006), los tableros madera-cemento de partículas de tamaño 6.3 mm resultaron tableros de mediana dureza.

y los tableros madera cemento elaborados con tamaño de partícula de 9.5mm obtuvo una media de dureza de 658.1 kg; asimismo se evidencio un valor máximo de 830kg y valor mínimo de 590kg y un coeficiente de variación de 7.81%; de acuerdo a la compresión promedio y comparando con la escala establecida por (Sibille, 2006), los tableros madera-cemento de partículas de tamaño 9.5 mm resultaron tableros de alta dureza.

Referente a los extremos de los tableros madera cemento, elaborados con tamaño de partícula 3.35mm obtuvo una dureza promedio de 264.45kg; asimismo se evidencio valor máximo de 320kg y valor mínimo de 199.1kg y un coeficiente de variación de 15.78%; de acuerdo a la compresión promedio y comparando con la escala establecida por (Sibille, 2006), los tableros madera-cemento de partículas de tamaño 3.35 mm resultaron tableros de baja dureza.

Los tableros madera cemento elaborados con tamaño de partícula 6.3mm obtuvo una dureza promedio de 370.47kg; asimismo se evidencio valor máximo de 398kg y valor mínimo de 303kg y un coeficiente de variación de 7.78%; de acuerdo a la compresión promedio y comparando con la escala establecida por (Sibille, 2006), los tableros madera-cemento de partículas de tamaño 6.3 mm resultaron tableros de mediana dureza.

y los tableros madera cemento elaborados con tamaño de partícula 9.5mm obtuvo una dureza promedio de 712.52kg; asimismo se evidencio valor máximo de 1011kg y valor mínimo de 616kg y un coeficiente de variación de 16.05%; de acuerdo a la compresión promedio y comparando con la escala establecida por (Sibille, 2006), los tableros madera-cemento de partículas de tamaño 9.5 mm resultaron tableros de alta dureza.

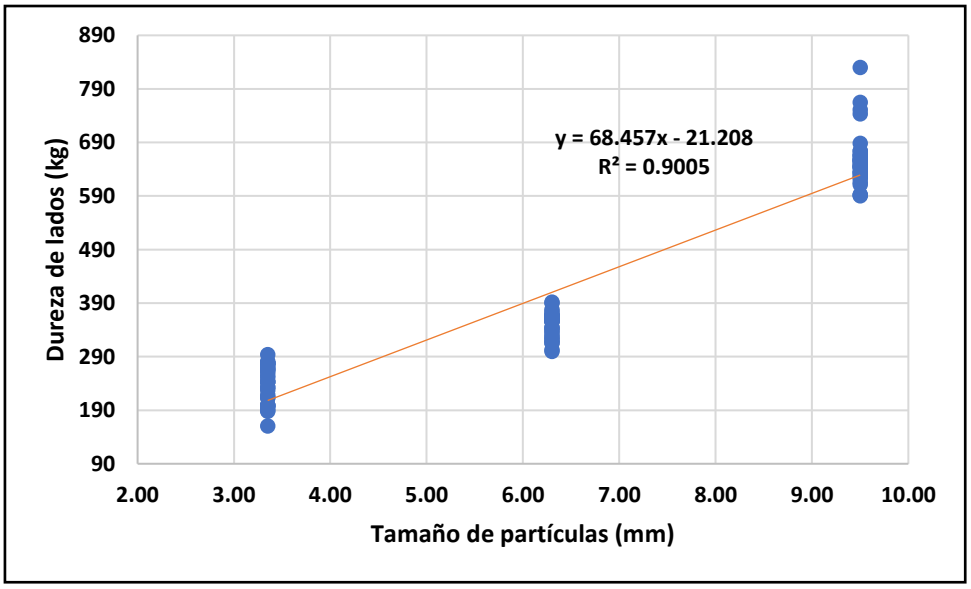
4.3.2. Influencia del tamaño de partículas en la dureza de los lados y extremos del tablero madera cemento

Tabla 11.
Análisis de correlación y regresión entre el tamaño de partículas y la dureza de los lados de los tableros madera cemento

Variables	R	R^2	Ecuación	$R_{critico}$ 0.01	Sig.
Tamaño de partículas vs dureza de lados (kg/cm^2)	0.949**	0.901	Y= 68.457X-21.208	0.41	**
Tamaño de partículas vs dureza de extremos (kg/cm^2)	0.905**	0.818	Y= 73.336X-18.981	0.41	**

Nota: "R" coeficiente de correlación, "R^2" coeficiente de determinación, "B" coeficiente de regresión, (**): altamente significativo

Figura 23.
Análisis de correlación y regresión del tamaño de partículas y la dureza de lados del tablero madera – cemento

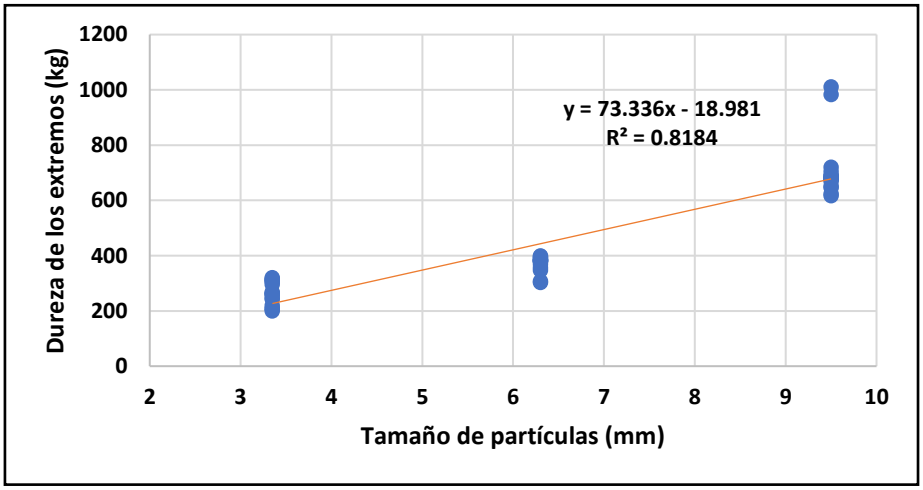


En la tabla 11 y figura 23, se aprecia que el tamaño de partículas de la madera de G*uazuma crinita* Mart. (bolaina blanca) y la dureza de los lados del tablero madera – cemento, presentan un coeficiente de correlación altamente significativa (r=0.949) y según el coeficiente de regresión indica que conforme se incrementa el tamaño de las partículas en un milímetro, la dureza del lado del tablero también se incrementa a razón de 68.457kg/cm^2. Asimismo, se aprecia

que según el coeficiente de determinación (r^2) el tamaño de partículas influye en la dureza del tablero en 90.1% y que el 9.9% depende de otros factores.

Figura 24.

Análisis de correlación y regresión del tamaño de partículas y la dureza de los extremos del tablero madera - cemento



En la tabla 11 y figura 24, se aprecia que el tamaño de partículas de la madera de G*uazuma crinita* Mart. (bolaina blanca) y la dureza de los extremos del tablero madera – cemento, presentan un coeficiente de correlación altamente significativa (r=0.905) y según el coeficiente de regresión indica que conforme se incrementa el tamaño de las partículas en un milímetro, la dureza del extremo del tablero también se incrementa a razón de 73.336 kg/cm^2. Asimismo, se aprecia que según el coeficiente de determinación (r^2) el tamaño de partículas influye en la dureza del extremo del tablero en 81.8% y que el 18.2% depende de otros factores.

Este comportamiento se debe a que a mayor tamaño de partículas se usará mayor cantidad de cemento, aumentando la densidad del tablero (Fuentes et al., 2011), por lo tanto habrá mayor área de contacto y mayor anclaje (Gamarra, 2016). Sin embargo, al aumentar la densidad del tablero mejora la dureza del producto, pues la parte contraria es que la densidad tiene una marcada relación con la dificultad de su trabajo ya sea manual o mecánicamente (Montana, 2024)

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- En la flexión estática existe una relación significativa, directamente proporcional entre el tamaño de las partículas de la madera de *Guázuma crinita* Mart. (Bolaina blanca) y el módulo de ruptura del tablero madera - cemento, precisando que el tamaño de partículas de la madera influye en el módulo de ruptura. No existe una relación significativa entre el tamaño de las partículas de la madera de *Guazuma crinita* Mart. Bolaina blanca y el módulo de elasticidad del tablero madera - cemento, indicando que el tamaño de partículas de la madera no tiene influencia en el módulo de elasticidad.

- Con tamaño de partículas de 9.5mm se obtuvo obtuvo obtuvo una media de 29 996.76 kgf/cm^2; el ensayo demostró como valor mínimo de 13 841.27 kgf/cm^2 y valor máximo de 43 011.52 kgf/cm^2;
- En la dureza de los lados y extremos, el tablero elaborado con tamaño 9.5mm obtuvo mayor dureza con 658.1 kg kg/cm^2 y 712.52 kg respectivamente.
- Los tableros elaborados con tamaño de partículas 9.5mm obtuvo mayor compresión con 191.84 kg/cm^2

.

5.2. Recomendaciones

- Establecer el coeficiente de esbeltez de la especie para determinar el tamaño de partícula optimo que se debe utilizar para fabricar tableros madera cemento.
- Estudiar la densidad de los tableros madera cemento y su influencia en las propiedades físicas y mecánicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez , D., Dorado, M., & Fernández , H. (2010). *Tecnología de la madera.* Universidad de Córdoba. Argentina: Editorial universitaria. Obtenido de file:///C:/Users/hp/Downloads/Dialnet-ImpactoAmbientalDeResiduosIndustrialesDeAserrinYPl-5350876.pdf

Área Técnica - AITIM - MADERA. (2015). *Productos básicos y carpintería - Tableros de Partículas Cemento.* Obtenido de https://www.cscae.com/area_tecnica/aitim/enlaces/documentos/Tableros_madera%20cemento_15.06.2015.pdf

Beraldo, A. (2012). *Aprovechamiento de residuos de agroindustriales como fuente sostenible de materiales de construcción.* Valencia: Universitat Politécnica de Valencia.

Bresciani, J., Mantulak, M., & Brazzola, C. (2019). Aprovechamiento de residuos de madera en construcciones civiles: revisión bibliográfica. *Jornadas de investigacion, desarrollo tecnológico, extensión, vinculación y muestra de la producción, Vol. 1*.

Camac, R. (2012). *Influencia de la mezcla de aserrin - cemento en las propiedades de absorción, hinchamiento y a la flexión estática de los tableros de Virola spp.* Para optar el título profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental, Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente, Huancayo,Perú. Obtenido de https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/2613/Camac%20Gomez.pdf?sequence=1

Cea, H. (2003). *Caracterización de astillas y aserrín para una planta de tableros de partículas en Valdivia.* Trabajo de titulación para Ingeniero en Maderas, Universidad Austral de Chile, Valdivia.Chile.

Cerrón, R. (2009). *Influencia de la geometria de partiiculas de los residuos provenientes del aserrio con cierra circular y de banda de Eucaliptos globulus.Labil.* Lima.

Cevallos, M. (2011). *Elaboración de paneles ligeros a base de bagazo de caña de azucar aglomerado con cemento portland.* Tesis para la obtención de maestría en Construcción civil y desarrollo sustentable, Universidad Nacional de Loja. Obtenido de

https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/7709/1/Cevallos%20Orbe%2C%20Marco%20Antonio.pdf

Confederación Española de Empresarios de la Madera. (10 de 22 de 2009). *Soluciones medioambientales en carpintería y mueble*. Obtenido de Madera en la Construcción: https://www.interempresas.net/Mobiliario/Articulos/34939-Soluciones-medioambientales-en-carpinteria-y-mueble.html

Escriba, L. (2021). *Influencia de tres proporciones de adhesivo en las propiedades físicas y mecánicas de tableros de partículas de Guazuma crinita Mart.(Bolaina Blanca) en Pucallpa - Ucayali,2020.* Tesis paraoptar el título profesional de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa. Obtenido de http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4874/UNU_FORESTAL_2021_T_LORENA-ESCRIBA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Espinoza, A. (2010). *Aptitud de Guadua angustifolia Kunth en la elaboración de tableros aglomerados con cemento.* Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - Perú. Obtenido de http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/427/K50.E7-T.pdf?sequence=8&isAllowed=y

Esquinas, A. (2019). *El fibrocemento como recurso material al diseño de productos de uso colectivo.* Trabajo de final de master en ingeniero del diseño, Universitat Politécnica de Valencia. Obtenido de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/126350/Esquinas%20-%20El%20fibrocemento%20como%20recurso%20material%20al%20dise%C3%B1o%20de%20productos%20de%20uso%20colectivo.pdf?sequence=1

FAO. (1976). *Las astillas de madera, su producción y transporte.* Roma, Italia.

Ferrández, A. (2017). Análisis y desarrollo de tableros de caña común (Arundo donax l.) con cemento para su uso como material de construcción. *Dialnet*. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/dctes?codigo=134998

Flores, Y. (2007). *Bolaina blanca.* Ministerio de Agricultura - Instituto Nacional de Investigación Agraria, Pucallpa - Perú. Obtenido de

https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/135/1/Bolaina_blanca_Pucallpa_2007.pdf

Fuentes, F., Iñiguez, G., & Sanjuán, R. (2011). *Fibras naturales: innovaciones para el aprovechamiento sustentable.* Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. Universidad de Guadalajara, Departamento de Madera, Celulosa y Papel.

Gamarra, L. (2016). *Aptitud de las fibras del mesocarpio de la palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.) para la elaboración de tableros fibrocemento.* Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ciencias Forestales, Lima - Perú. Obtenido de http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2643/K50-G35-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gilson, T. (2009). *Descripción de las propiedades físicas y mecánicas de la madera.* Argentina: Editorial Universidad de Misiones.

Gonzales, C., & Monasterio, E. (2021). *Propuesta para la fabricación de tableros para tabiquería utilizando cascara de arroz en la Provincia y Departamento de Tumbes,2021.* Universidad César Vallejo, Trujillo - Perú. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/65884/Gonzales_HC-Monasterio_ZER-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gorbitz, G. (30 de abril de 2020). *El negocio de la bolaina*. Obtenido de https://www.linkedin.com/pulse/el-negocio-de-la-bolaina-guillermo-gorbitz-dupuy

INIA. (sf). *Maderas del Perú*. Obtenido de Bolaina Blanca: http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/cdinvestigacion/inia/inia-p4/inia-p4-10.htm

Izurieta, J. (2014). *Aserradores de bolaina - Pucallpa,Perú*. Obtenido de https://archive.globallandscapesforum.org/glf-2014/es/?contestants=espanol-aserradores-de-bolaina-pucallpa-peru

Layza, R., & Sangama, J. (2020). *Elaboración y evaluación de tableros aglomerados a base de fibra y endocarpo de coco (Cocos nucifera) y cemento.* repositorio institucional , Universidad Nacional de San Martin.

López, L., Vega, L., Rendón, C., & Tobón, S. (Junio de 2021). Caracterización de los residuos de la industria maderera para su aprovechamiento en diferentes aplicaciones. *Revista Ingeniería y Desarrollo, Vol. 38*(Núm. 1).

Martínez, Y., García, M., & Martínez, E. (abril - junio de 2014). Impacto ambiental de residuos industriales de aserrín y plástico. Usos para la industria de tablero en Cuba. *Revista Avances, Vol. 16*(Núm. 2). Obtenido de file:///C:/Users/hp/Downloads/Dialnet-ImpactoAmbientalDeResiduosIndustrialesDeAserrinYPl-5350876.pdf

Meeks, G. (2023). *Del residuo al valor: La revolución del Upcycling*. Obtenido de Productos extranjeros, sustentabilidad, embalaje de madera: https://naturespackaging.org/es/from-waste-to-value-the-upcycling-revolution/

Montana, Y. (2024). *Información general: madera general*. Obtenido de Studenta: https://es.studenta.com/content/136185196/informacion-general-2-maderageneral

Noriega, M. (1996). *Aptitud del Eucalipto globulus en la preparación de tableros de fibrocemento.* Lima.

Novoa, M. (2005). *Elaboración y evaluación de tableros aglomerados a base de fibra de coco y cemento.* Tesis para obtener el grado de maestro en Arquitectura, Universidad de Colima, Coquimatlan,Colima.

Odicio, J. (2017). *Relación de las propiedades físicas y genéticas de la madera de Guazuma crinita (bolaina blanca) del rodal semillero del INIA - Pucallpa, proveniente de dos unidades fisiográficas.* Tesis para Ingeniero Agroforestal Acuícola, Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, Yarinacocha.

Patiño, L. (2021). *Evaluación comparativa de las propiedades físico-mecánicas y de conductividad térmica entre placas de fibrocemento y placas de fibrocemento adicionado con fibras de envases tetrabrik, fibras de aluminio y fibras de polietileno.* Repositorio digital Universidad Andina del Cusco, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Cusco . Obtenido de https://hdl.handle.net/20.500.12557/4211

Sangama, J. (2020). *Elaboración y evaluación de tableros aglomerados a base de fibra y endocarpo de coco (Cocos nucifera) y cemento.* Tesis para optar

el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto.

Soto, G., & Núñez, M. (2008). Fabricación de pellets de carbonilla, usando aserrín de Pinus Radicta(D.Don), como material aglomerante. *Revista Maderas, Ciencia y Tecnología*. doi:file:///C:/Users/hp/Downloads/Dialnet-ImpactoAmbientalDeResiduosIndustrialesDeAserrinYPl-5350876.pdf

Tablero de partículas. (sf). *Partículas de madera.* Obtenido de https://www.cscae.com/area_tecnica/aitim/actividades/act_paginas/libro/14%20Tableros%20de%20part%C3%ADculas.pdf

Tello, M. (2006). *Caracterización tecnológica de tableros de partículas de mediana densidad elaborados con residuos de madera de marupa (Simarouba amara) proveniente de la plantación de Jenaro Herrera y bosque natural.* Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.Perú.

Torres, E. (2013). *Métodos estadísticos para la investigación experimental.* (E. A. Armas, Ed.)

Trejo, S., Valero, W., Moreno, P., Durán, J., & Garay, D. (diciembre - marzo de 2020). Factibilidad de uso de la Guadua (Guadua angustifolia) provenientes de los llanos occidentales de Venezuela, en la fabricación de tableros de lana de madera y cemento para la construcción. *Revista Ciencia e Ingeniería, Vol. 41*(Num 1), pág. 91 - 98.

Valenzuela, W., & Cruz, T. (1982). Aptitud de la madera de cinco especies forestales para fabricar tableros de fibro - cemento. *Revista Forestal del Perú, Vol. 11*(Núm. 1 -2), pág. 1 - 17.

ANEXOS

ANEXO 1: Datos de ensayos

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE LA MADERA

Tinius Olsen

FLEXION ESTATICA

Lot Nombre: 01 Test Setting: FLEXIÓN ESTÁTICA FIBROCEMENTO

Cliente : **Tesista** Operador: Ing. Cristian Fachin Vargas Test Date: 24/02/2024

Item	Sample No.	Ancho cm	Espesor cm	Área cm²	MOR kg/cm²	MOE kg/cm²	CLP kg	CMAX kg	DLP cm
1	T1 -P1-1 FL	2.43	2.47	6.01	314.43	23271.49	79.60	88.90	0.81
2	T1 -P2-2 FL	2.47	2.49	6.13	416.49	10963.66	38.80	121.00	0.26
3	T1 -P3-3 FL	2.46	2.57	6.31	477.10	7979.67	31.00	147.30	0.27
4	T1 -P4-4 FL	2.49	2.58	6.42	484.54	18743.50	74.80	152.90	0.62
5	T1 -P5-5 FL	2.47	2.55	6.30	492.93	23685.10	90.50	150.80	0.76
6	T1 -P6-6 FL	3.39	2.58	8.74	335.56	17543.12	95.20	144.10	0.81
7	T1 -P7-7 FL	2.49	2.47	6.15	561.58	38671.44	135.10	162.30	1.22
8	T1-P8-10 FL	2.36	2.47	5.83	602.03	43054.08	142.90	165.10	1.23
9	T2 -P1-1 FL	2.34	2.47	5.78	562.29	22737.31	74.80	152.90	0.62
10	T2 -P2-2 FL	2.53	2.53	6.40	467.34	24915.56	95.20	144.10	0.81
11	T2 -P3-3 FL	2.98	2.58	7.68	235.53	16688.58	79.60	88.90	0.81
12	T2 -P4-4 FL	2.51	2.49	6.25	556.08	39432.88	142.90	165.10	1.23
13	T2 -P5-5 FL	2.53	2.49	6.30	297.79	21888.87	79.60	88.90	0.81
14	T2 -P6-6 FL	2.53	2.46	6.23	516.25	25692.60	90.50	150.80	0.76
15	T2 -P7-7 FL	2.43	2.52	6.13	305.38	21888.72	79.63	89.90	0.82
16	T2-P10-10 FL	2.50	2.44	6.10	491.33	10321.21	35.00	139.30	0.25
17	T3 -P1-1 FL	2.55	2.48	6.32	562.04	29955.63	108.70	167.90	1.06
18	T3 -P2-2 FL	2.58	2.48	6.39	573.36	40583.91	148.10	172.60	1.33
19	T3 -P3-3 FL	2.55	2.55	6.50	551.55	13841.27	54.60	174.20	0.33
20	T3-P4-4 FL	2.59	2.50	6.47	580.68	29753.53	112.20	178.90	0.87
21	T3 -P5-5 FL	2.55	2.55	6.49	598.24	36085.18	141.90	188.50	1.25
22	T3 -P6-6 FL	2.52	2.52	6.35	641.25	24763.68	92.80	195.00	0.83
23	T3 -P7-7 FL	2.47	2.47	6.11	699.42	43011.52	149.60	201.00	1.32
24	T3-P10-10 FL	2.48	2.54	6.31	727.28	21979.35	83.50	222.00	0.82

Ing. Noé Cristian Fachin Vargas
Auxiliar de laboratorio de tecnología de la madera
FCFyA – UNU

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE LA MADERA

Tinius Olsen

COMPRESION PERPENDICULAR

Lot Nombre: 02 Test Setting: COMPRESION PERPENDICULAR

Cliente **Tesista** Operador: Ing. Cristian Fachin Vargas Test Date: 24/02/2024

Item	Sample No.	Ancho cm	Espesor cm	Área cm²	C.max (kg)	Res.max (kg/cm2)
1	T1 -P1-1CP	3.93	3.90	15.33	876	57.14
2	T1 -P2-2CP	4.01	3.81	15.28	918	60.07
3	T1 -P3-3CP	4.00	3.97	15.88	976	61.46
4	T1-P4-4CP	3.98	3.64	14.48	901	62.22
5	T1 -P5-5CP	3.93	3.73	14.65	929	63.40
6	T1 -P6-6CP	3.89	3.72	14.49	905	62.46
7	T1-P7-7CP	4.02	3.92	15.75	931	59.09
8	T1-P10-8CP	3.94	3.89	15.32	956	62.39
9	T2 -P1-1CP	3.98	3.98	15.86	2052	129.41
10	T2 -P2-2CP	3.97	3.96	15.69	2063	131.52
11	T2 -P3-3CP	3.96	3.95	15.66	2006	128.11
12	T2-P4-4CP	3.98	3.88	15.46	2002	129.51
13	T2 -P5-5CP	3.95	3.93	15.52	2033	131.00
14	T2 -P6-6CP	3.92	3.98	15.61	2042	130.78
15	T2-P7-7CP	3.95	3.98	15.74	2037	129.41
16	T2-P10-8CP	3.92	3.99	15.63	2000	127.97
17	T3 -P1-1CP	3.98	3.99	15.86	2516	158.60
18	T3 -P2-2CP	4.09	4.00	16.35	2388	146.04
19	T3 -P3-3CP	3.85	3.88	14.93	3285	219.96
20	T3-P4-4CP	4.01	3.99	16.00	3212	200.75
21	T3 -P5-5CP	4.04	4.02	16.23	3189	196.50
22	T3 -P6-6CP	3.99	3.94	15.70	3165	201.63
23	T3 -P7-7CP	3.88	3.88	15.03	3163	210.43
24	T3-P10-10CP	3.96	3.96	15.69	3151	200.78

Ing. Noé Cristian Fachin Vargas
Auxiliar de laboratorio de tecnología de la madera
FCFyA – UNU

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE LA MADERA

Tinius Olsen

DUREZA DE LADOS Y EXTREMOS

Lot Nombre: 03 Test Setting: DUREZA DE LADOS Y EXTREMOS

Cliente : **Tesista** Operador: Ing. Cristian Fachin Vargas Test Date: 24/02/2024

Item	Sample No.	Ancho cm	Espesor cm	Área cm²	C.max (kg)
1	T1- P1-1 DL1	3.94	3.893	15.34	160.20
2	T1- P1-1 DL2	3.94	3.893	15.34	199.20
3	T1- P1-1 DL3	3.94	3.893	15.34	212.70
4	T1- P1-1 DL4	3.94	3.893	15.34	227.20
5	T1- P1-1 DL5	3.94	3.893	15.34	242.80
6	T1- P1-1 DL6	3.94	3.893	15.34	260.60
7	T1- P2-2 DL1	3.975	3.863	15.36	269.50
8	T1- P2-2 DL2	3.975	3.863	15.36	274.80
9	T1- P2-2 DL3	3.975	3.863	15.36	277.90
10	T1- P2-2 DL4	3.975	3.863	15.36	278.30
11	T1- P2-2 DL5	3.975	3.863	15.36	199.10
12	T1- P2-2 DL6	3.975	3.863	15.36	219.00
13	T1-P3-3 DL1	3.94	3.953	15.57	233.00
14	T1-P3-3 DL2	3.94	3.953	15.57	243.00
15	T1-P3-3 DL3	3.94	3.953	15.57	243.00
16	T1-P3-3 DL4	3.94	3.953	15.57	251.00
17	T1-P3-3 DL5	3.94	3.953	15.57	247.00
18	T1-P3-3 DL6	3.94	3.953	15.57	263.00
19	T1-P4-4 DL1	3.945	3.653	14.41	255.00
20	T1-P4-4 DL2	3.945	3.653	14.41	267.00
21	T1-P4-4 DL3	3.945	3.653	14.41	278.00
22	T1-P4-4 DL4	3.945	3.653	14.41	274.00
23	T1-P4-4 DL5	3.945	3.653	14.41	296.00
24	T1-P4-4 DL6	3.945	3.653	14.41	305.00
25	T1-P5-5 DL1	3.942	3.654	14.40	267.00
26	T1-P5-5 DL2	3.942	3.654	14.40	281.00
27	T1-P5-5 DL3	3.942	3.654	14.40	264.00
28	T1-P5-5 DL4	3.942	3.654	14.40	294.00
29	T1-P5-5 DL5	3.942	3.654	14.40	310.00
30	T1-P5-5 DL6	3.942	3.654	14.40	315.00

31	T1-P6-6 DL1	3.966	3.645	14.46	260.6
32	T1-P6-6 DL2	3.966	3.645	14.46	277.9
33	T1-P6-6 DL3	3.966	3.645	14.46	233.00
34	T1-P6-6 DL4	3.966	3.645	14.46	243.00
35	T1-P6-6 DL5	3.966	3.645	14.46	311.00
36	T1-P6-6 DL6	3.966	3.645	14.46	320.00
37	T1-P7-7 DL1	4.006	3.848	15.42	214.30
38	T1-P7-7 DL2	4.006	3.848	15.42	218.60
39	T1-P7-7 DL3	4.006	3.848	15.42	198.90
40	T1-P7-7 DL4	4.006	3.848	15.42	197.50
41	T1-P7-7 DL5	4.006	3.848	15.42	258.60
42	T1-P7-7 DL6	4.006	3.848	15.42	268.40
43	T1-P10-8DL1	3.939	3.839	15.12	189.60
44	T1-P10-8DL2	3.939	3.839	15.12	199.50
45	T1-P10-8DL3	3.939	3.839	15.12	194.60
46	T1-P10-8DL4	3.939	3.839	15.12	187.90
47	T1-P10-8DL5	3.939	3.839	15.12	206.60
48	T1-P10-8DL6	3.939	3.839	15.12	209.14
49	T2- P1-1 DL1	3.927	3.987	15.66	315.00
50	T2- P1-1 DL2	3.927	3.987	15.66	328.00
51	T2- P1-1 DL3	3.927	3.987	15.66	341.00
52	T2- P1-1 DL4	3.927	3.987	15.66	344.00
53	T2- P1-1 DL5	3.927	3.987	15.66	347.00
54	T2- P1-1 DL6	3.927	3.987	15.66	356.00
55	T2- P2-2 DL1	3.982	3.917	15.60	357.00
56	T2- P2-2 DL2	3.982	3.917	15.60	358.00
57	T2- P2-2 DL3	3.982	3.917	15.60	367.00
58	T2- P2-2 DL4	3.982	3.917	15.60	370.00
59	T2- P2-2 DL5	3.982	3.917	15.60	381.00
60	T2- P2-2 DL6	3.982	3.917	15.60	382.00
61	T2-P3-3 DL1	3.937	3.941	15.52	390.00
62	T2-P3-3 DL2	3.937	3.941	15.52	392.00
63	T2-P3-3 DL3	3.937	3.941	15.52	300.00
64	T2-P3-3 DL4	3.937	3.941	15.52	303.00
65	T2-P3-3 DL5	3.937	3.941	15.52	303.00
66	T2-P3-3 DL6	3.937	3.941	15.52	307.00
67	T2-P4-4 DL1	3.915	3.924	15.36	320.00
68	T2-P4-4 DL2	3.915	3.924	15.36	359.00
69	T2-P4-4 DL3	3.915	3.924	15.36	361.00
70	T2-P4-4 DL4	3.915	3.924	15.36	365.00
71	T2-P4-4 DL5	3.915	3.924	15.36	369.00
72	T2-P4-4 DL6	3.915	3.924	15.36	381.00
73	T2-P5-5 DL1	3.897	3.937	15.34	315.60

74	T2-P5-5 DL2	3.897	3.937	15.34	322.10
75	T2-P5-5 DL3	3.897	3.937	15.34	326.90
76	T2-P5-5 DL4	3.897	3.937	15.34	333.60
77	T2-P5-5 DL5	3.897	3.937	15.34	396.50
78	T2-P5-5 DL6	3.897	3.937	15.34	386.40
79	T2-P6-6 DL1	4.03	3.966	15.98	356.90
80	T2-P6-6 DL2	4.03	3.966	15.98	365.80
81	T2-P6-6 DL3	4.03	3.966	15.98	374.50
82	T2-P6-6 DL4	4.03	3.966	15.98	377.80
83	T2-P6-6 DL5	4.03	3.966	15.98	398.60
84	T2-P6-6 DL6	4.03	3.966	15.98	392.10
85	T2-P7-7 DL1	3.92	3.934	15.42	336.70
86	T2-P7-7 DL2	3.92	3.934	15.42	361.80
87	T2-P7-7 DL3	3.92	3.934	15.42	355.70
88	T2-P7-7 DL4	3.92	3.934	15.42	344.60
89	T2-P7-7 DL5	3.92	3.934	15.42	388.20
90	T2-P7-7 DL6	3.92	3.934	15.42	380.20
91	T2-P10-10DL1	4.02	3.986	16.02	365.40
92	T2-P10-10DL2	4.02	3.986	16.02	355.20
93	T2-P10-10DL3	4.02	3.986	16.02	361.70
94	T2-P10-10DL4	4.02	3.986	16.02	366.20
95	T2-P10-10DL5	4.02	3.986	16.02	378.20
96	T2-P10-10DL6	4.02	3.986	16.02	381.30
97	T3- P1-1 DL1	3.962	3.956	15.67	590.00
98	T3- P1-1 DL2	3.962	3.956	15.67	592.00
99	T3- P1-1 DL3	3.962	3.956	15.67	592.00
100	T3- P1-1 DL4	3.962	3.956	15.67	611.00
101	T3- P1-1 DL5	3.962	3.956	15.67	616.00
102	T3- P1-1 DL6	3.962	3.956	15.67	624.00
103	T3- P2-2 DL1	4.024	3.954	15.91	625.00
104	T3- P2-2 DL2	4.024	3.954	15.91	628.00
105	T3- P2-2 DL3	4.024	3.954	15.91	633.00
106	T3- P2-2 DL4	4.024	3.954	15.91	644.00
107	T3- P2-2 DL5	4.024	3.954	15.91	646.00
108	T3- P2-2 DL6	4.024	3.954	15.91	651.00
109	T3-P3-3 DL1	3.944	3.917	15.45	657.00
110	T3-P3-3 DL2	3.944	3.917	15.45	666.00
111	T3-P3-3 DL3	3.944	3.917	15.45	674.00
112	T3-P3-3 DL4	3.944	3.917	15.45	688.00
113	T3-P3-3 DL5	3.944	3.917	15.45	704.00
114	T3-P3-3 DL6	3.944	3.917	15.45	720.00
115	T3-P4-4 DL1	3.978	3.975	15.81	743.00
116	T3-P4-4 DL2	3.978	3.975	15.81	751.00

117	T3-P4-4 DL3	3.978	3.975	15.81	765.00
118	T3-P4-4 DL4	3.978	3.975	15.81	830.00
119	T3-P4-4 DL5	3.978	3.975	15.81	983.00
120	T3-P4-4 DL6	3.978	3.975	15.81	1011.00
121	T3-P5-5 DL1	3.919	3.982	15.61	633.00
122	T3-P5-5 DL2	3.919	3.982	15.61	644.00
123	T3-P5-5 DL3	3.919	3.982	15.61	646.00
124	T3-P5-5 DL4	3.919	3.982	15.61	651.00
125	T3-P5-5 DL5	3.919	3.982	15.61	687.30
126	T3-P5-5 DL6	3.919	3.982	15.61	688.70
127	T3-P6-6 DL1	4.016	3.974	15.96	658.40
128	T3-P6-6 DL2	4.016	3.974	15.96	655.90
129	T3-P6-6 DL3	4.016	3.974	15.96	674.20
130	T3-P6-6 DL4	4.016	3.974	15.96	664.80
131	T3-P6-6 DL5	4.016	3.974	15.96	678.30
132	T3-P6-6 DL6	4.016	3.974	15.96	688.10
133	T3-P7-7 DL1	4.033	4.033	16.27	658.60
134	T3-P7-7 DL2	4.033	4.033	16.27	666.40
135	T3-P7-7 DL3	4.033	4.033	16.27	642.50
136	T3-P7-7 DL4	4.033	4.033	16.27	647.90
137	T3-P7-7 DL5	4.033	4.033	16.27	677.30
138	T3-P7-7 DL6	4.033	4.033	16.27	668.20
139	T3-P10-10DL1	3.988	3.951	15.76	615.20
140	T3-P10-10DL2	3.988	3.951	15.76	622.30
141	T3-P10-10DL3	3.988	3.951	15.76	635.40
142	T3-P10-10DL4	3.988	3.951	15.76	654.50
143	T3-P10-10DL5	3.988	3.951	15.76	677.90
144	T3-P10-10DL6	3.988	3.951	15.76	679.50



Ing. Noé Cristian Fachin Vargas
Auxiliar de laboratorio de tecnología de la madera
FCFyA – UNU

ANEXO 2: FORMATO DE APUNTES

Flexión estática

Módulo de Ruptura (kg/cm^2)

Formato de recolección de datos para el MOR

Tamaño de partículas	N° probeta	Constante	Carga máxima (kg)	Luz (cm)	Ancho probeta (cm)	Altura probeta (cm)
9.5 mm						
6.3 mm						
3.35 mm						

Módulo de elasticidad (kg/cm^2)

Tabla de recolección de datos para el MOE

Tamaño de partículas	N° probeta	Constante	Luz (cm)	CLP	Ancho probeta (cm)	Altura probeta (cm)	DLP
9.5 mm							
6.3 mm							
3.35 mm							

Nota: CLP: carga al límite proporcional; DLP: deformación al límite proporcional

Dureza (kg/cm^2)

Tabla de recolección de datos para dureza

Tamaño de partículas	Carga registrada por la máquina de ensayo (kg/cm^2)
9.5 mm	
6.3 mm	
3.35 mm	

Compresión (kg/cm^2)

Tabla de recolección de datos para la compresión

Tamaño de partículas	Carga máxima (kg)	Área (cm^2)
9.5 mm		
6.3 mm		
3.35 mm		