

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“Resistencia a la flexión de la madera cachimbo (Cariniana
Decandra) con inserción de láminas de HDPE, Huánuco - 2024”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Condezo Narvaja, Hernan Manceto

ASESOR: Malpartida Valderrama, Yenerit Pamela

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

D

H



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANCAYO
<http://www.udh.edu.pe>

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Estructuras
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería civil

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 47630725

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 22516875

Grado/Título: Grado de magíster en medio ambiente y desarrollo sostenible mención en gestión ambiental mención en gestión ambiental

Código ORCID: 0000-0003-2705-4300

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Trujillo Ariza, Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002-5650-3745
2	Valdivieso Echevarria, Martin Cesar	Maestro en gestión pública	22416570	0000-0002-0579-5135
3	Aguilar Alcantara, Leonel Marlo	Maestro en ingeniería civil con mención en dirección de empresas de la construcción	43415813	0000-0002-0877-5922



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 16:00 horas del día **lunes 10 de febrero de 2025**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

❖ MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA	PRESIDENTE
❖ MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA	SECRETARIO
❖ MG. LEONEL MARLO AGUILAR ALCÁNTARA	VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 0160-2025-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: **"RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE LA MADERA CACHIMBO (CARINIANA DECANDRA) CON INSERCIÓN DE LÁMINAS DE HDPE, HUÁNUCO - 2024"**, presentado por el (la) Bachiller. **Bach. Hernan Manceto CONDEZO NARVAJA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) **Aprobado** por **Unanimidad**.... con el calificativo cuantitativo de **1.1**..... y cualitativo de **Suficiente**. (Art. 47).

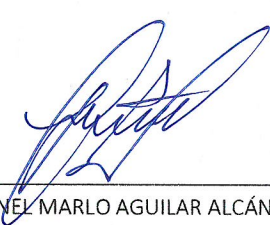
Siendo las **17^h 15'** horas del día **10 del mes de febrero** del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA
DNI: 70502371
ORCID: 0000-0002-5650-3745
PRESIDENTE



MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA
DNI: 22416570
ORCID: 0000-0002-0579-5135
SECRETARIO (A)



MG. LEONEL MARLO AGUILAR ALCÁNTARA
DNI: 43415813
ORCID: 0000-0002-0877-5922
VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: HERNAN MANCETO CONDEZO NARVAJA, de la investigación titulada "Resistencia a la flexión de la madera cachimbo (cariniana decandra) con inserción de láminas de HDPE, Huánuco - 2024", con asesor(a) YENERIT PAMELA MALPARTIDA VALDERRAMA, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 3132-2023-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 16 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 05 de diciembre de 2024



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

20. HERNAN MANCETO, CONDEZO NARVAJA.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

6%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

3%

3

repositorio.unheval.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.uta.edu.ec

Fuente de Internet

1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO

D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO

D.N.I.: 40618286

cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

DEDICATORIA

A mis padres, por ser mi fuente inagotable de amor, apoyo y sabiduría. Gracias por creer en mí y por enseñarme a seguir adelante con valentía y perseverancia. Su ejemplo ha sido mi mayor inspiración.

A mis abuelos, por sus palabras de aliento y su cariño incondicional. Su legado de esfuerzo y dedicación ha sido una guía en mi vida y en este camino académico.

A mis hermanos, por ser mis compañeros de aventuras y desafíos, y por cada risa compartida en los momentos difíciles. Su compañía ha sido un pilar fundamental para seguir creciendo.

Y a todos mis familiares, por su respaldo, paciencia y por cada gesto de amor que me ha brindado fuerzas para alcanzar mis metas. Esta tesis es también el fruto de su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A mis profesores, por compartir su conocimiento, por su paciencia y dedicación en cada clase, y por inculcarme el amor por la investigación y el aprendizaje continuo. Su guía ha sido esencial para mi crecimiento profesional y personal.

A mi asesor, por su orientación constante, sus valiosos consejos y su confianza en mi trabajo. Gracias por motivarme a superar los desafíos y por estar siempre disponible para brindar apoyo y dirección en cada proceso.

A la Universidad de Huánuco, por brindarme un espacio de formación académica de excelencia, y por ser un entorno que me permitió desarrollar mis habilidades y explorar mis intereses. Estoy profundamente agradecido por las oportunidades y experiencias que me han permitido alcanzar mis metas.

Y a mis amigos, por ser mi red de apoyo, por los momentos compartidos, las palabras de aliento y la alegría que han traído a mi vida en este camino. Su compañía ha sido un motor de fuerza y ánimo en los momentos difíciles.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO I.....	14
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	14
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	15
1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO	15
1.3. OBJETIVO	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	15
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	16
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	16
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	16
CAPÍTULO II.....	18
MARCO TEÓRICO	18
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	18

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	19
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	21
2.2. BASES TEÓRICAS.....	21
2.2.1. LÁMINAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	21
2.2.2. MADERA CACHIMBO (CARINIANA DECANDRA)	24
2.2.3. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN MADERAS	26
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	27
2.4. HIPÓTESIS.....	29
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	29
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA	29
2.5. VARIABLES	29
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE.....	29
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE	29
2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	30
CAPÍTULO III	31
METODOLOGÍA	31
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	31
3.1.1. ENFOQUE.....	31
3.1.2. ALCANCE O NIVEL	31
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	33
3.2.1. POBLACIÓN.....	33
3.2.2. MUESTRA	33
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	34
3.4. TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	34
3.5. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS	41
3.6. ASPECTOS ÉTICOS.....	41
CAPÍTULO IV.....	42

RESULTADOS.....	42
4.1. RESULTADOS DESCRIPTIVOS	42
4.2. RESULTADOS INFERENCIALES	50
CAPÍTULO V.....	57
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	57
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES.....	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
ANEXOS.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	propiedades mecánicas del polietileno de alta densidad (PEAD) ...	23
Tabla 2	Propiedades mecánicas de la madera Cachimbo	25
Tabla 3	Descripción de la muestra seleccionada.....	33
Tabla 4	Resultado de datos de la resistencia a la flexión de las unidades de análisis patrón y según diseño.....	42
Tabla 5	Resultado de las medias para los datos de resistencia a la flexión de las unidades de análisis patrón y las unidades de análisis según diseño	43
Tabla 6	Resultado de datos de la resistencia a la flexión de las unidades de análisis patrón y de las unidades de análisis con inserción de 1 lámina de HDPE	44
Tabla 7	Resultado de las medias para los datos de resistencia a la flexión de las unidades de análisis patrón y las unidades de análisis con inserción de 1 lámina de HDPE	45
Tabla 8	Resultado de datos de la resistencia a la flexión de las unidades de análisis patrón y de las unidades de análisis con inserción de 2 láminas de HDPE	45
Tabla 9	Resultado de las medias para los datos de resistencia a la flexión de las unidades de análisis patrón y las unidades de análisis con inserción de 2 láminas de HDPE.....	46
Tabla 10	Resultado de datos de la resistencia a la flexión de las unidades de análisis patrón y de las unidades de análisis con inserción de 3 láminas de HDPE	47
Tabla 11	Resultado de las medias para los datos de resistencia a la flexión de las unidades de análisis patrón y las unidades de análisis con inserción de 3 láminas de HDPE.....	48
Tabla 12	Resultado de datos de la resistencia a la flexión de las unidades de análisis patrón y de la resistencia a la flexión promedio de las unidades de análisis con inserción de 1, 2 y 3 láminas de HDPE	48
Tabla 13	Resultado de las medias para los datos de resistencia a la flexión de las unidades de análisis patrón y la resistencia promedio de las unidades de análisis con inserción de 1, 2 y 3 láminas de HDPE	49

Tabla 14 Prueba de normalidad para los datos de la resistencia a la flexión promedio con inserción de 1, 2 y 3 láminas de HDPE y para los datos de la resistencia a la flexión de las unidades de análisis patrón.....	50
Tabla 15 Prueba de T Student para los datos de la resistencia a la flexión promedio con inserción de 1, 2 y 3 láminas HDPE y la flexión para las unidades de análisis patrón.....	51
Tabla 16 Prueba de normalidad para los datos de la resistencia a la flexión con inserción de 1 lámina de HDPE y para los datos de la resistencia a la flexión de las unidades de análisis patrón	51
Tabla 17 Prueba de T Student para los datos de la resistencia a la flexión promedio con inserción de 1 lámina HDPE y la flexión para las unidades de análisis patrón.....	52
Tabla 18 Prueba de normalidad para los datos de la resistencia a la flexión con inserción de 2 láminas de HDPE y para los datos de la resistencia a la flexión de las unidades de análisis patrón	53
Tabla 19 Prueba de T Student para los datos de la resistencia a la flexión promedio con inserción de 2 láminas HDPE y la flexión para las unidades de análisis patrón.....	54
Tabla 20 Prueba de normalidad para los datos de la resistencia a la flexión con inserción de 3 láminas de HDPE y para los datos de la resistencia a la flexión de las unidades de análisis patrón	55
Tabla 21 Prueba de T Student para los datos de la resistencia a la flexión promedio con inserción de 3 láminas HDPE y la flexión para las unidades de análisis patrón.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Lámina HDPE es polietileno de Alta Densidad natural (HDPE)	22
Figura 2 Preparación de las láminas de HDPE	35
Figura 3 Preparación de láminas de HDPE para cada grupo de ensayo	35
Figura 4 Preparación de las unidades de análisis de madera	36
Figura 5 Inserción de las láminas de HDPE en las unidades de análisis de madera.....	36
Figura 6 Verificación de las dimensiones de las unidades de análisis antes de ser ensayados.....	37
Figura 7 Ensayo de resistencia a la flexión de las unidades de análisis patrón	37
Figura 8 Verificación de las fallas en las unidades de análisis de madera posterior ensayo	38
Figura 9 Ensayo de resistencia a la flexión de las unidades de análisis con inserción de 1 lamina	38
Figura 10 Verificación de las fallas en las unidades de análisis de madera posterior ensayo	39
Figura 11 Ensayo de resistencia a la flexión de las unidades de análisis con inserción de 2 láminas	39
Figura 12 Verificación de las fallas en las unidades de análisis de madera posterior ensayo	40
Figura 13 Ensayo de resistencia a la flexión de las unidades de análisis con inserción de 3 láminas	40
Figura 14 Comparación de la resistencia a la flexión patrón (Kg/cm ²) y resistencia a la flexión según diseño (Kg/cm ²)	42
Figura 15 Comparación de la resistencia a la flexión patrón (Kg/cm ²) y resistencia a la flexión de las unidades de análisis con inserción de 1 lámina de HDPE (Kg/cm ²)	44
Figura 16 Comparación de la resistencia a la flexión patrón (Kg/cm ²) y resistencia a la flexión de las unidades de análisis con inserción de 2 láminas de HDPE (Kg/cm ²)	45

Figura 17 Comparación de la resistencia a la flexión patrón (Kg/cm ²) y resistencia a la flexión de las unidades de análisis con inserción de 3 láminas de HDPE (Kg/cm ²)	47
Figura 18 Comparación de la resistencia a la flexión patrón (Kg/cm ²) y resistencia a la flexión promedio de las unidades de análisis con inserción de 1, 2 y 3 láminas de HDPE (Kg/cm ²)	48

RESUMEN

El estudio se llevó a cabo con el objetivo de evaluar los efectos de la inserción de láminas de HDPE como refuerzo en la madera cachimbo en cuanto a su capacidad de resistencia a la flexión. En este sentido, la investigación adoptó un enfoque cuantitativo, implementando un diseño cuasi experimental y empleando un muestreo no probabilístico para seleccionar las unidades de análisis a estudiar.

En el análisis de la resistencia a flexión, el estudio encontró un aumento significativo en la resistencia a flexión de la madera cachimbo al ser reforzada externamente con láminas de HDPE. Las unidades de análisis reforzadas mostraron una resistencia promedio de 895,09 kg/cm², mientras que las unidades de análisis patrón, sin refuerzo, registraron una resistencia promedio de 759,16 kg/cm².

Finalmente se concluye que se observa un efecto significativo en la resistencia a flexión al insertar láminas de HDPE en la madera Cachimbo. Este se evidencia a través de un análisis estadístico inferencial de contraste ($t=-8,668$; $p=0,001<0,05$), esto significa que la inserción de láminas de HDPE en la madera cachimbo mejora significativamente su resistencia a la flexión, lo que proporciona una alternativa viable y efectiva para aplicaciones en construcción. Estos hallazgos aportan una perspectiva valiosa para el sector de la construcción en Huánuco, promoviendo el uso sostenible de materiales locales y contribuyendo al avance del conocimiento en la edificación con recursos renovables.

Palabras clave: Refuerzo, resistencia a la flexión, madera cachimbo, láminas, Polietileno de alta densidad (HDPE).

ABSTRACT

The study was conducted to evaluate the effects of inserting HDPE sheets as reinforcement in cachimbo wood on its flexural strength capacity. The research adopted a quantitative approach, implementing a quasi-experimental design and employing non-probabilistic sampling to select the samples to be studied.

In the analysis of flexural strength, the study found a significant increase in the flexural resistance of cachimbo wood when externally reinforced with HDPE sheets. The reinforced samples showed an average strength of 895.09 kg/cm², while the control samples, without reinforcement, recorded an average strength of 759.16 kg/cm².

Finally, it was concluded that there is a significant effect on flexural strength when HDPE sheets are inserted into cachimbo wood. This is evidenced by an inferential statistical contrast analysis ($t=-8.668$; $p=0.001<0.05$), which indicates that the insertion of HDPE sheets into cachimbo wood significantly improves its flexural resistance. This provides a viable and effective alternative for construction applications. These findings offer valuable insights for construction professionals in Huánuco, promoting the sustainable use of local materials and contributing to the advancement of knowledge in building with renewable resources.

Keywords: Reinforcement, flexural strength, cachimbo wood, sheets, High-Density Polyethylene (HDPE).

INTRODUCCIÓN

La madera ha sido un material fundamental en la construcción debido a sus propiedades naturales, disponibilidad y sostenibilidad. Sin embargo, su resistencia puede ser limitada en comparación con otros materiales, lo que ha llevado a la búsqueda de métodos para mejorar sus propiedades mecánicas. En este contexto, la madera Cachimbo (Cariniana Decandra), utilizada comúnmente en la región de Huánuco, ha despertado interés debido a su potencial para aplicaciones en construcción, especialmente si se encuentra un método eficaz para aumentar su resistencia a flexión.

Los materiales compuestos y los refuerzos externos, como las láminas de polietileno de alta densidad (HDPE), ofrecen una solución prometedora para mejorar las características de la madera. El HDPE, conocido por su alta resistencia y durabilidad, se presenta como una opción viable para reforzar la madera sin comprometer su peso o apariencia natural. Este tipo de refuerzo no solo podría mejorar la resistencia de la madera a fuerzas externas, sino también extender su vida útil y reducir los costos de mantenimiento.

El presente estudio se enfoca en evaluar los efectos de la inserción de láminas de HDPE como refuerzo en la resistencia a flexión de la madera cachimbo. La investigación adoptó un enfoque cuantitativo, empleando un diseño cuasi experimental y un muestreo no probabilístico para analizar comparativamente la resistencia de unidades de análisis de madera con y sin refuerzo. A través de este análisis, se busca determinar si la incorporación de HDPE puede proporcionar una solución eficaz para aumentar la capacidad de la madera cachimbo, ofreciendo alternativas sostenibles y eficientes para su uso en la construcción.

Con este fin, los resultados proporcionarán una base científica que podría ser fundamental para los profesionales de la construcción en Huánuco, promoviendo el uso de materiales locales reforzados que no solo sean efectivos en términos estructurales, sino también respetuosos con el medio ambiente.

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

El problema de investigación aborda la práctica de insertar láminas de polietileno de alta densidad (HDPE) en la madera Cachimbo (Cariniana decandra) y busca comprender su influencia en la resistencia a flexión de este material compuesto. La inserción de láminas de HDPE en la madera representa una modificación estructural que podría afectar las propiedades fundamentales de la madera Cachimbo, en particular su capacidad para resistir fuerzas de flexión (Delgado, 2017).

Esta investigación surge ante la necesidad de explorar las consecuencias prácticas y técnicas de esta intervención en el material, considerando la creciente relevancia de productos compuestos de madera y plástico en diversas aplicaciones. La falta de una comprensión integral sobre cómo la incorporación de láminas de HDPE puede influir en la resistencia a flexión de la madera Cachimbo crea un vacío en el conocimiento actual, lo que justifica la necesidad de este estudio.

La descripción del problema también considera la importancia de la resistencia a flexión en numerosas aplicaciones estructurales y la relevancia de optimizar las propiedades mecánicas de los materiales compuestos. Por lo tanto, este estudio busca no solo cuantificar el impacto de la inserción de láminas de HDPE, sino también proporcionar una base sólida para el diseño y la aplicación efectiva de estos materiales compuestos en la práctica.

El objetivo principal de este estudio consiste en determinar si la inserción de láminas de polietileno de alta densidad tiene un efecto significativo en la resistencia a flexión de la madera Cachimbo. Además, se pretende cuantificar la magnitud de este efecto y analizar sus posibles implicaciones en la industria maderera.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

PG: ¿Cuál es el efecto de insertar láminas de HDPE en la resistencia a la flexión de la madera cachimbo, Huánuco - 2024?

1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO

PE1: ¿Cuál será la incidencia de insertar 1 lámina de HDPE en la resistencia a la flexión de la madera Cachimbo?

PE2: ¿Cuál será la incidencia de insertar 2 lámina de HDPE en la resistencia a la flexión de la madera Cachimbo?

PE3: ¿Cuál será la incidencia de insertar 3 lámina de HDPE en la resistencia a la flexión de la madera Cachimbo?

1.3. OBJETIVO

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

OG: Determinar el efecto de insertar láminas de HDPE en la resistencia a la flexión de la madera Cachimbo, Huánuco - 2024.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

OE1: Determinar la incidencia de insertar 1 lámina de HDPE en la resistencia a la flexión de la madera Cachimbo.

OE2: Determinar la incidencia de insertar 2 láminas de HDPE en la resistencia a la flexión de la madera Cachimbo.

OE3: Determinar la incidencia de insertar 3 láminas de HDPE en la resistencia a la flexión de la madera Cachimbo.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La inserción de láminas de HDPE podría haber tenido implicaciones teóricas en las propiedades mecánicas y estructurales.

Examinar estos aspectos contribuyó a la base teórica de la ciencia de materiales y la ingeniería de estructuras. La investigación se alineó con la teoría de desarrollo y aplicación de materiales compuestos. Comprender cómo estos dos materiales interactuaron y afectaron la resistencia a la flexión proporcionó información valiosa para futuras teorías sobre el diseño y la aplicación de materiales compuestos.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

La inserción de láminas de HDPE en la madera podría potencialmente mejorar sus propiedades mecánicas, especialmente en lo que respecta a la resistencia a la flexión. Esto podría tener aplicaciones prácticas en la construcción de estructuras más fuertes y duraderas. También comprender cómo la madera Cachimbo se ve afectada por la inserción de láminas de HDPE contribuirá al desarrollo de materiales compuestos más eficientes. Esto es de particular interés en sectores como la construcción, donde la demanda de materiales fuertes y livianos es alta.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

La metodología propuesta fue precisa para asegurar la reproducibilidad de los experimentos. La consistencia y la fiabilidad de los resultados fueron esenciales para validar cualquier efecto observado en la resistencia a la flexión. Una justificación metodológica sólida fue fundamental para garantizar que la investigación sobre la inserción de láminas de HDPE en la madera Cachimbo y su efecto en la resistencia a la flexión se condujera de manera sistemática, confiable y científicamente válida.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Las limitaciones inherentes a esta investigación estarán directamente vinculadas a restricciones económicas, ya que el investigador será responsable de cubrir los costos asociados. Es esencial considerar que las

actividades llevadas a cabo en el laboratorio deberán ajustarse al tiempo planificado y no exceder dicho marco temporal.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Suárez Soledispa (2021) la investigación tuvo como objetivo analizar la relación entre el contenido de humedad de la madera y su resistencia a flexión, determinando que esta última aumenta de manera gradual hasta alcanzar un valor máximo alrededor del 12% de humedad. A partir de este punto, la resistencia comienza a disminuir progresivamente hasta llegar al punto de saturación de la fibra, donde la madera se vuelve más susceptible a la pudrición y otros daños estructurales. Se concluye que, la madera con un contenido de humedad entre el 8% y el 12% ofrece la mayor resistencia a la flexión, destacando la importancia de mantenerla seca para preservar su durabilidad, mientras se advierte sobre la vulnerabilidad de la madera con niveles de humedad superiores al 20%, desaconsejando su uso en aplicaciones estructurales debido a su propensión al deterioro.

Galindo Galindo (2020) en la investigación el objetivo principal fue determinar las propiedades mecánicas de las vigas de madera laminada para su uso estructural. Para ello, se fabricaron vigas de madera laminada y se realizaron ensayos de flexión y compresión bajo condiciones controladas. Los resultados mostraron que las vigas laminadas presentan una mayor resistencia a flexión y una mayor rigidez en comparación con las vigas de madera maciza, mientras que su resistencia a la compresión es similar. Asimismo, se observó que el proceso de laminado mejora las propiedades estructurales de la madera al reducir defectos naturales, como nudos o fisuras, y optimizar la distribución de la carga. Concluyendo que, el estudio confirma que las vigas de madera laminada, debido a su elevada resistencia a la flexión, rigidez y confiabilidad estructural, son idóneas para aplicaciones en

construcciones que requieren materiales de alto rendimiento y durabilidad.

Sánchez Dahua (2021) el objetivo del estudio fue evaluar las propiedades mecánicas de la madera de eucalipto proveniente de la provincia de Tungurahua, Ecuador, para determinar su idoneidad como material estructural según los criterios de la norma ecuatoriana. Los resultados mostraron que esta madera tiene propiedades mecánicas similares a las de otras especies empleadas en la construcción y cumple con los requisitos mínimos establecidos por la NEC 2015 para aplicaciones estructurales, tales como vigas, columnas, losas, entrepisos, encofrados y tabiques. El autor concluye que la madera de eucalipto de Tungurahua es una opción estructural viable y sostenible, recomendándose su utilización en la construcción de viviendas y otras estructuras, particularmente en áreas donde este recurso forestal es abundante.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Edquén Perez (2022) el objetivo de la investigación, fue analizar el comportamiento mecánico de estos elementos en comparación con vigas y columnetas de madera sometidos a los mismos esfuerzos. Para ello, se recolectaron 24 unidades de análisis, siguiendo las recomendaciones de la NTC 3377 para ensayos en probetas pequeñas, y se realizaron ensayos de compresión y flexión con variación de esfuerzos para caracterizar y procesar la información, determinando el esfuerzo máximo soportado y el comportamiento mecánico de cada probeta. Los resultados demostraron que las vigas laminadas tipo sándwich doble presentan un mejor desempeño en flexión, superando en 1.43 veces a las vigas macizas, mientras que las columnetas laminadas mostraron un menor rendimiento, soportando solo un 0.68 del esfuerzo de compresión en comparación con las columnetas macizas. El autor concluye que, el estudio confirma que los elementos de madera tipo sándwich doble poseen un comportamiento mecánico superior en flexión, lo que los hace adecuados para ciertas aplicaciones

estructurales, aunque su rendimiento en compresión es inferior en comparación con las columnetas macizas.

Silva y Vásquez (2021) la investigación tuvo como objetivo evaluar las propiedades estructurales de la madera de *Pinus radiata* proveniente del C.P. Santa Clara, Chalamarca, siguiendo los lineamientos de la norma E.010 (MVCS, 2014). Para ello, se analizaron 24 unidades de análisis recolectadas y procesadas según las recomendaciones de la NTC 3377 para ensayos en probetas pequeñas, realizando pruebas de flexión, compresión paralela y perpendicular, tracción paralela y corte paralelo. Los resultados indicaron que, aunque la madera cumplió con los valores mínimos de densidad básica, módulos de elasticidad y esfuerzos admisibles en compresión, tracción y corte establecidos para el grupo C, no alcanzó el esfuerzo admisible mínimo a flexión de 100 kg/cm² (MVCS, 2014). Se concluyó que la madera es apta para su uso en elementos estructurales específicos, como pilares, tijerales, correas y armaduras de techos en viviendas de un nivel, siempre que las luces libres entre pilares no superen los 5 m y se realice previamente un diseño estructural detallado acompañado de modelamiento, para garantizar la seguridad y funcionalidad de las construcciones.

Guarniz Linares (2020) la investigación se centró en analizar la resistencia a la flexión de vigas macizas y laminadas fabricadas con madera de Eucalipto y Pino, en la ciudad de Cajamarca, utilizando 24 unidades de análisis procesadas según los lineamientos de la NTC 3377 para pruebas en probetas pequeñas. Se evaluaron la carga máxima aplicada, las dimensiones de cada viga y la distancia entre los apoyos, procesando y analizando los datos obtenidos para cada caso estudiado. Los resultados mostraron que las vigas macizas de Eucalipto tuvieron un mejor desempeño que las laminadas, mientras que en las de Pino, no se observaron diferencias significativas entre las vigas macizas y laminadas. En resumen, el estudio concluyó que las vigas macizas de Eucalipto son más eficientes que las laminadas, mientras que las vigas

de Pino, independientemente de su configuración, presentan un comportamiento similar.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Quispe Rojas (2021) el objetivo principal de la investigación fue comparar las resistencias a flexión de vigas elaboradas con maderas de Shihuahuaco y Quinilla. Para ello, se analizaron 24 unidades de análisis siguiendo los lineamientos de la NTC 3377 para ensayos en probetas pequeñas. Durante el estudio, se registraron la carga máxima aplicada, las dimensiones de las vigas y la distancia entre apoyos. Los datos recopilados fueron procesados, analizados e interpretados para cada caso evaluado. Los resultados mostraron que las resistencias a la flexión de ambas maderas eran estadísticamente similares; sin embargo, la Quinilla se destacó por su elasticidad superior, lo que la hace más recomendada para su uso en vigas. Por otro lado, el Shihuahuaco mostró un desempeño significativamente mejor para aplicaciones en columnas. A pesar de estas diferencias, ambas especies se consideraron aptas para vigas y estructuras en general, clasificándose dentro de la tipología A de la Norma E.010. Además, diversos autores coinciden en que sus propiedades de flexión se encuentran entre niveles medio y alto. En conclusión, la investigación determinó que tanto el Shihuahuaco como la Quinilla son adecuados para estructuras, pero la Quinilla es más apropiada para vigas debido a su elasticidad, mientras que el Shihuahuaco es más idóneo para columnas.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. LÁMINAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD

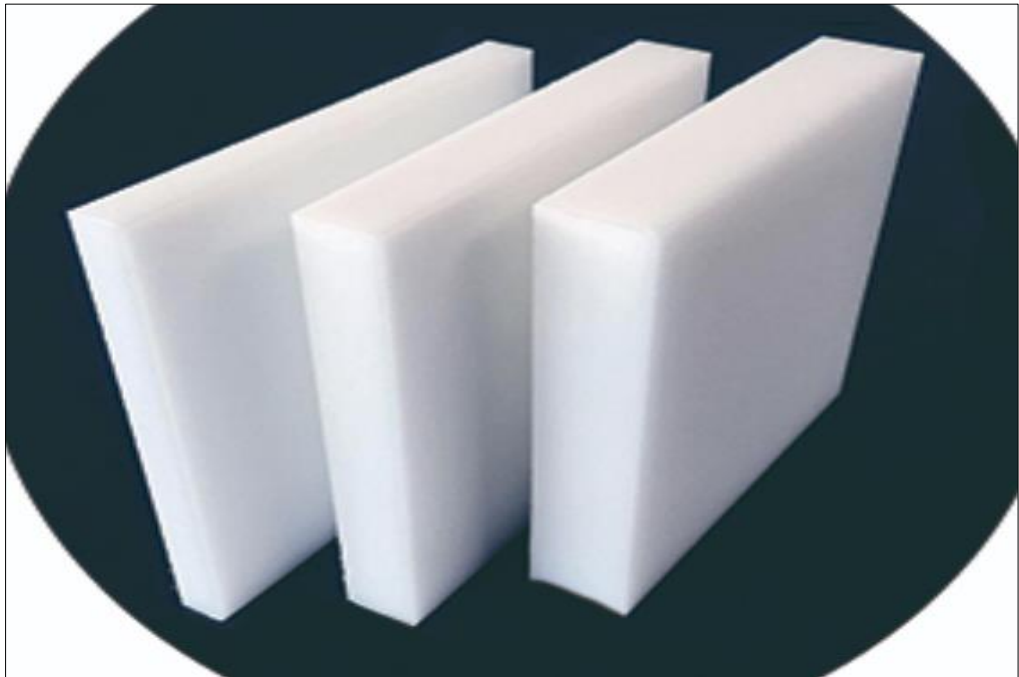
Es un polímero termoplástico utilizado para fabricar una variedad de productos. Gracias a sus destacadas propiedades físicas y su alta resistencia a condiciones adversas, es un material muy versátil con múltiples aplicaciones en diversas industrias (Billmeyer, 2020).

Polietileno de Alta Densidad (HDPE)

El polietileno, polímero utilizado en la fabricación de productos plásticos. La alta densidad se refiere a la estructura molecular más compacta del polietileno utilizado en la fabricación de las láminas HDPE (Billmeyer, 2020).

Figura 1

Lámina HDPE es polietileno de Alta Densidad natural (HDPE)



Nota. Imagen recopilada del sitio web *Panaplast*.

Propiedades Físicas

La alta densidad del polietileno proporciona a las láminas HDPE propiedades físicas notables, como resistencia, durabilidad y tenacidad y son conocidas por su resistencia a la abrasión, impacto y productos químicos, lo que las hace adecuadas para diversas aplicaciones (Gutiérrez Valencia, 2019)

Propiedades mecánicas

El PEAD muestra una gran resistencia a la tracción, permite resistir fuerzas de estiramiento considerables sin sufrir deformaciones permanentes. Esta propiedad lo hace adecuado para aplicaciones donde la resistencia estructural es esencial. Aunque el PEAD es generalmente un material tenaz, también tiene una dureza adecuada para resistir abrasiones e impactos leves. Su capacidad para absorber energía durante impactos contribuye a su durabilidad (Contreras Bravo et al., 2018).

La tenacidad del PEAD se refiere a su capacidad para absorber energía sin fracturarse, mientras que la resiliencia se relaciona con su capacidad para recuperar su forma original después de la deformación. Ambas propiedades contribuyen a su comportamiento elástico. El PEAD tiene un módulo de elasticidad relativamente bajo, lo que significa que es flexible y puede deformarse bajo carga antes de recuperar su forma original. Esta característica es ventajosa en aplicaciones donde la flexibilidad es esencial (Billmeyer, 2020).

El PEAD exhibe una excelente resistencia al impacto, lo que lo hace adecuado para aplicaciones donde el material puede estar sujeto a golpes o caídas. Su capacidad para absorber energía de impacto sin romperse es valiosa en aplicaciones de embalaje y contenedores (Billmeyer, 2020).

Tabla 1

Propiedades mecánicas del polietileno de alta densidad (PEAD)

Propiedad	Valor Típico	Descripción
Módulo de Elasticidad (Tensión)	0.8 - 1.2 Gpa	Rigidez del material bajo tensión; se deforma ligeramente bajo fuerzas de tensión.
Resistencia a Tracción	20 – 40 Mpa	Fuerza máxima que el material puede soportar bajo tensión sin romperse.

Resistencia al Impacto	20 – 35 Kj/m ²	Capacidad de absorber energía en impactos sin fracturarse, adecuado para aplicaciones expuestas a golpes.
Resistencia a Compresión	20 – 30 Mpa	Capacidad de soportar fuerzas de compresión sin deformarse permanentemente, útil en aplicaciones con carga constante o intermitente.

Nota. HDPE: polímero resistente y versátil utilizado en una variedad de productos.
Fuente: (Rojas, 2023).

Proceso de Fabricación:

Las láminas de HDPE se fabrican mediante un proceso de extrusión, donde el polietileno se derrite y se fuerza a través de una matriz para formar la lámina en la forma deseada, (Groover, 1997).

Usos Comunes:

Las láminas de HDPE se utilizan en una variedad de aplicaciones, como agricultura (para construir invernaderos y túneles agrícolas), construcción (barrera impermeable para techos), industria del agua (construcción de tuberías), industria automotriz (fabricación de componentes automotrices), entre otros, (Contreras Bravo et al., 2018).

Sostenibilidad:

El polietileno de alta densidad es reciclable, lo que contribuye a la sostenibilidad. La capacidad de reciclaje depende de la pureza y calidad del material, (Contreras Bravo et al., 2018).

2.2.2. MADERA CACHIMBO (CARINIANA DECANDRA)

La madera conocida como cachimbo corresponde a la especie Cariniana decandra, originario de América Latina y se encuentra en zonas tropicales y subtropicales (Castaño-Arboleda et al., 2007).

Características de la Especie:

Cariniana decandra es un árbol majestuoso perteneciente a la familia Lecythidaceae, que se encuentra principalmente en la región

amazónica de América Latina. Este árbol de gran tamaño puede alcanzar alturas notables, con un tronco recto y cilíndrico que caracteriza su estructura. La especie prospera en hábitats tropicales y se distribuye principalmente en la región amazónica de Brasil. Su presencia también se registra en otras áreas de América Latina con climas cálidos y húmedos (López y Cárdenas, 2002).

Propiedades Físicas

La madera de Cariniana decandra exhibe una textura fina y uniforme, con colores que varían desde blanco hasta tonos amarillos claros. Esta característica estética contribuye a su atractivo para aplicaciones de carpintería fina y fabricación de muebles (Castaño-Arboleda et al., 2007).

Propiedades Mecánicas

La madera cachimbo se caracteriza por su alta densidad, lo que contribuye a su resistencia y durabilidad. Esta propiedad la hace ideal para aplicaciones estructurales y de carga, proporcionando un material robusto y confiable. La madera de Cariniana decandra presenta niveles moderados de contracción y expansión, lo que la hace menos propensa a deformaciones y grietas, especialmente cuando se utiliza en entornos con fluctuaciones de humedad (Trade Forest Perú, 2021).

Tabla 2

Propiedades mecánicas de la madera Cachimbo

Descripción	Valor
Módulo de elasticidad en flexión	131000 kg/cm ²
Módulo de rotura en flexión	735 kg/cm ²
Compresión paralela	342 kg/cm ²
Compresión Perpendicular	66 kg/cm ²
Corte Paralelo a las fibras	84 kg/cm ²

Nota. Información recolectada de sitio web Trade Forest Perú

Uso Tradicional

La madera cachimbo ha sido fundamental en la construcción y carpintería tradicional. Su resistencia y durabilidad la hacen adecuada para la fabricación de estructuras arquitectónicas, muebles y elementos decorativos.

Además de la construcción convencional, la madera cachimbo ha sido empleada en la fabricación de embarcaciones y la creación de instrumentos musicales debido a sus propiedades acústicas y estructurales (Castaño-Arboleda et al., 2007).

Sostenibilidad y Conservación:

Dada la presión sobre los recursos forestales en la región amazónica, el manejo forestal sostenible es esencial. La implementación de prácticas que aseguren la regeneración natural y la preservación de los bosques de *Cariniana decandra* es crucial para su sostenibilidad. Las amenazas como la deforestación y la explotación no controlada requieren medidas severas y generar áreas protegidas, regulaciones forestales y programas de reforestación son esenciales para garantizar la supervivencia a largo plazo de la especie (López y Cárdenas, 2002).

2.2.3. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN MADERAS

Es la capacidad del material para soportar cargas que provocan su curvatura o doblado. Este atributo es crucial en el diseño de estructuras de madera, como vigas y tablones, que deben resistir cargas que tienden a deformarlas. Se mide a través del módulo de ruptura (MOR), que determina la máxima tensión que la madera puede aguantar antes de que ocurra una fractura por flexión (Delgado, 2017).

Norma Técnica Peruana NTP 251.017

La Norma establece los procedimientos para medir la resistencia a flexión estática, una información clave para evaluar su capacidad de soportar cargas de manera perpendicular a su eje longitudinal. De acuerdo con esta norma, las dimensiones de las unidades de análisis

para el ensayo de flexión estática varían según el método utilizado. El método principal requiere probetas de 5 cm x 5 cm x 76 cm de largo (con una luz de 70 cm), mientras que el método alternativo emplea probetas de 2,5 cm x 2,5 cm x 41 cm de largo (Delgado, 2017).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Polímero termoplástico: Tipo de material polimérico que exhibe propiedades plásticas cuando se somete a calor. Son capaces de ablandarse y fundirse al calentarse, lo que les permite ser modeladas y adaptadas a diversas formas antes de enfriarse y endurecerse nuevamente (Groover, 1997).

Plástico: Material polimérico sintético compuesto principalmente de polímeros de carbono, hidrógeno, oxígeno, y otros elementos, que exhibe propiedades plásticas y puede ser moldeado en diversas formas cuando se somete a calor o presión. Estos polímeros pueden ser de origen natural o, más comúnmente, producidos de manera artificial mediante procesos químicos (Dalmau y Vilardell, 2004).

Densidad: Propiedad que indica la cantidad de masa presente en un volumen específico de una sustancia. Se calcula dividiendo la masa de un objeto o material por su volumen (Ashby y Jones, 2009).

Tenacidad: Propiedad mecánica que refleja la capacidad de un material para absorber energía antes de que ocurra una fractura o deformación permanente. En términos simples, describe la resistencia de un material a romperse o fracturarse cuando tiene presión (Ashby y Jones, 2009).

Abrasión: Pérdida progresiva de material en la superficie debido a la fricción con otras superficies, partículas abrasivas o agentes corrosivos, lo que puede alterar las propiedades físicas del material (Billmeyer, 2020).

Módulo de elasticidad: Propiedad mecánica de un material que describe su capacidad para deformarse elásticamente bajo la aplicación

de una fuerza externa y luego recuperar su forma original al retirar esa fuerza (Chang y Pérez, 2015).

Extrusión: Proceso de fabricación que implica forzar un material, comúnmente plástico o metal, a través de un dado o molde con una forma específica para producir un perfil continuo y uniforme (Ramos de Valle, 1993).

Barrera impermeable: Son estructuras o materiales diseñados para prevenir o limitar el paso de líquidos o humedad a través de una superficie o estructura, (Izquierdo y Izquierdo, 2004).

Albura: Sección más externa y clara de la madera, situada justo debajo de la corteza del árbol, que rodea el duramen y se encarga del transporte de agua y nutrientes dentro del árbol (Witte, 2004).

Duramen: Parte más interna, oscura y resistente del tronco de un árbol, ubicada debajo de la albura, que es la capa externa de la madera (Witte, 2004).

Flexión: Acción de doblar o curvar un objeto alrededor de un eje, generalmente causada por la aplicación de fuerzas externas (Chang y Pérez, 2015).

Fibras de celulosa: Las fibras naturales provienen de la celulosa, un polímero orgánico que se encuentra en las paredes celulares de las plantas y los árboles (Seymour y Carraher, 2021).

Lignina: Polímero orgánico complejo presente en las paredes celulares de las plantas, que constituye uno de los principales componentes de la madera y le da resistencia y rigidez a las estructuras celulares de las plantas (Taiz y Zeiger, 2007).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

HG: Insertar láminas de HDPE tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera cachimbo, Huánuco - 2024.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA

HE1: Insertar 1 lámina de HDPE tiene una incidencia significativa en la resistencia a la flexión de la madera Cachimbo.

HE2: Insertar 2 lámina de HDPE tiene una incidencia significativa en la resistencia a la flexión de la madera Cachimbo.

HE3: Insertar 3 lámina de HDPE tiene una incidencia significativa en la resistencia a la flexión de la madera Cachimbo.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Resistencia a la flexión en maderas

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Láminas de polietileno de alta densidad

2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
VARIABLE INDEPENDIENTE: Láminas de polietileno de alta densidad.	Las láminas de polietileno de alta densidad (HDPE) están hechas de un polímero termoplástico conocido por su alta resistencia y durabilidad. Este material es resistente a la humedad, productos químicos y rayos UV. Se utiliza por su capacidad para ofrecer protección y longevidad (Rodríguez et al., 2015)	Las láminas de polietileno de alta densidad tendrán dimensiones de 2 cm de ancho y 20 cm de largo.	Insertión de 1,2 y 3 láminas al núcleo de la muestra de madera.	Área (Cm2)	
VARIABLE DEPENDIENTE: Resistencia a la flexión en maderas	La resistencia a la flexión en maderas es la capacidad del material para soportar fuerzas que provocan su curvatura o flexión. Esta característica es esencial en el diseño de elementos de madera, como vigas y tablonés, que están sujetos a cargas que pueden doblarlos. Esta propiedad se cuantifica mediante el módulo de ruptura (MOR) (Delgado, 2017).	Este valor se obtendrá en laboratorio mediante el ensayo a flexión de una carga.	Resistencia a la flexión de la madera con inserción de 1, 2 y 3 láminas HDPE.	Módulo de ruptura a la flexión (kg/cm2)	Ficha de laboratorio del ensayo.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación aplicada se enfoca en resolver problemas prácticos y generar conocimientos específicos que puedan ser utilizados para abordar situaciones o desafíos reales. A diferencia de la investigación básica, cuyo principal objetivo es ampliar el conocimiento teórico sin buscar aplicaciones directas, la investigación aplicada busca resultados inmediatos y útiles (Quezada Lucio, 2010).

En nuestro caso la investigación se ha buscado mejorar la resistencia a flexión de la madera cachimbo al insertar láminas de polietileno de alta densidad.

3.1.1. ENFOQUE

El enfoque cuantitativo en una investigación se refiere a un método de investigación que se basa en la recolección y el análisis de datos numéricos y cuantificables con el objetivo de comprender, describir y explicar fenómenos, patrones o relaciones dentro de un contexto específico (Hernández Sampieri, 2018).

La investigación se ha enfocado en comprender y explicar cómo se comporta la resistencia a flexión de la madera cachimbo cuando se le inserta láminas de polietileno de alta densidad.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

El nivel explicativo en investigación hace referencia a la amplitud y profundidad con la que se pretende comprender y explicar las relaciones entre variables o fenómenos en un estudio de investigación. Este nivel abarca desde una comprensión elemental y descriptiva hasta un entendimiento más profundo y causal de los fenómenos bajo investigación (Hernández Sampieri, 2018).

La investigación tuvo como objetivo analizar cómo las láminas de HDPE afectan la resistencia a la flexión de la madera cachimbo. Para respaldar esta afirmación, se emplea la estadística inferencial.

3.1.3 DISEÑO

Un diseño cuasi experimental comparte similitudes con los diseños experimentales convencionales, pero no cumple con todos los criterios estrictos de un experimento puro. En este enfoque, el investigador no tiene control total sobre la asignación de participantes a grupos o condiciones de estudio debido a restricciones éticas, logísticas o prácticas. A pesar de estas limitaciones, los diseños cuasi experimentales posibilitan la evaluación de relaciones causales entre variables en situaciones en las que llevar a cabo un experimento puro no sería factible (Carrasco Díaz, 2015).

En nuestra situación, la selección de las unidades de análisis no ha seguido un proceso aleatorio, lo que significa que los grupos de análisis se determinarán de antemano para llevar a cabo el experimento.

NA GR 1.....X1.....R1
 NA GR 2.....X2.....R2
 NA GR 3.....X3.....R3
 NA GR 4.....__.....R4

Donde:

GR1, GR2 y GR3: Unidades de análisis de madera Cachimbo con inserción de 1,2 y 3 láminas HDPE.

GR4: Unidades de análisis de madera Cachimbo sin inserción de láminas.

X1, X2 y X3: Intervención de la variable independiente (Inserción de 1,2 y 3 láminas HDPE).

R1, R2 y R3: Resultados del ensayo de resistencia a la flexión de las unidades de análisis de madera con inserción de 1,2 y 3 láminas HDPE. R4: Resultados del ensayo resistencia a la flexión de las unidades de análisis de madera Cachimbo sin inserción de láminas.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población conjunto integral de elementos, individuos, objetos o eventos que cumplen con criterios o características específicas y que son el objeto de interés en el estudio. Este conjunto total representa el grupo que el investigador pretende comprender, describir o generalizar (Pino Gotuzzo, 2018).

Todas las unidades de análisis que han sido objeto de análisis en la investigación tienen una forma prismática con una sección transversal rectangular, caracterizados por dimensiones de 760 mm de longitud, 50 mm de anchura y 50 mm de grosor.

3.2.2. MUESTRA

Una muestra no probabilística en una investigación es un subconjunto de elementos o individuos seleccionados de la población de manera no aleatoria o sin que todos los elementos de la población tengan una probabilidad conocida de ser incluidos en la muestra (Quezada Lucio, 2010).

La muestra estuvo conformada por 40 unidades de análisis de madera cachimbo con adición de láminas de HDPE, en estas también se cuentan a las unidades de análisis patrón que son unidades de análisis sin adición de los componentes antes mencionados.

Tabla 3

Descripción de la muestra seleccionada

UNIDADES DE ANÁLISIS PARA ENSAYOS DE CORTE DIRECTO	NÚMERO DE UNIDADES DE ANÁLISIS
Unidades de análisis de madera Cachimbo sin inserción de láminas.	10
Unidades de análisis de madera cachimbo con inserción de 1 lamina HDPE.	10

Unidades de análisis de madera cachimbo con inserción de 2 láminas HDPE.	10
Unidades de análisis de madera cachimbo con inserción de 3 láminas HDPE.	10
TOTAL=	40

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

En la investigación, se utiliza la observación directa, permitiendo la obtención precisa de información relacionada con las variables de estudio. Asimismo, se recurre a técnicas de laboratorio en aquellas investigaciones que demandan la utilización de instalaciones de laboratorio para obtener sus datos.

3.4. TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Se prepararon unidades de análisis de madera reforzadas con láminas de HDPE en distintas proporciones en relación con el peso seco del agregado. Estas unidades de análisis de madera incorporaron 1, 2 y 3 láminas de HDPE como refuerzo externo, elaborándose 10 unidades de análisis para cada nivel de refuerzo, además de unidades de análisis de control sin láminas de HDPE. Cada muestra tenía forma de listón con una sección transversal de 5x5 cm y una longitud de 76 cm, y se destinaron a ensayos de flexión, sumando un total de 40 unidades de análisis sometidas a prueba. Todas las unidades de análisis fueron adecuadamente identificadas, y el proceso experimental fue documentado con fotografías para facilitar su comprensión.

Figura 2

Preparación de las láminas de HDPE



Figura 3

Preparación de láminas de HDPE para cada grupo de ensayo



Figura 4

Preparación de las unidades de análisis de madera



Figura 5

Inserción de las láminas de HDPE en las unidades de análisis de madera



Figura 6

Verificación de las dimensiones de las unidades de análisis antes de ser ensayados



Figura 7

Ensayo de resistencia a flexión



Figura 8

Verificación de fallas en las unidades de análisis de madera posterior al ensayo

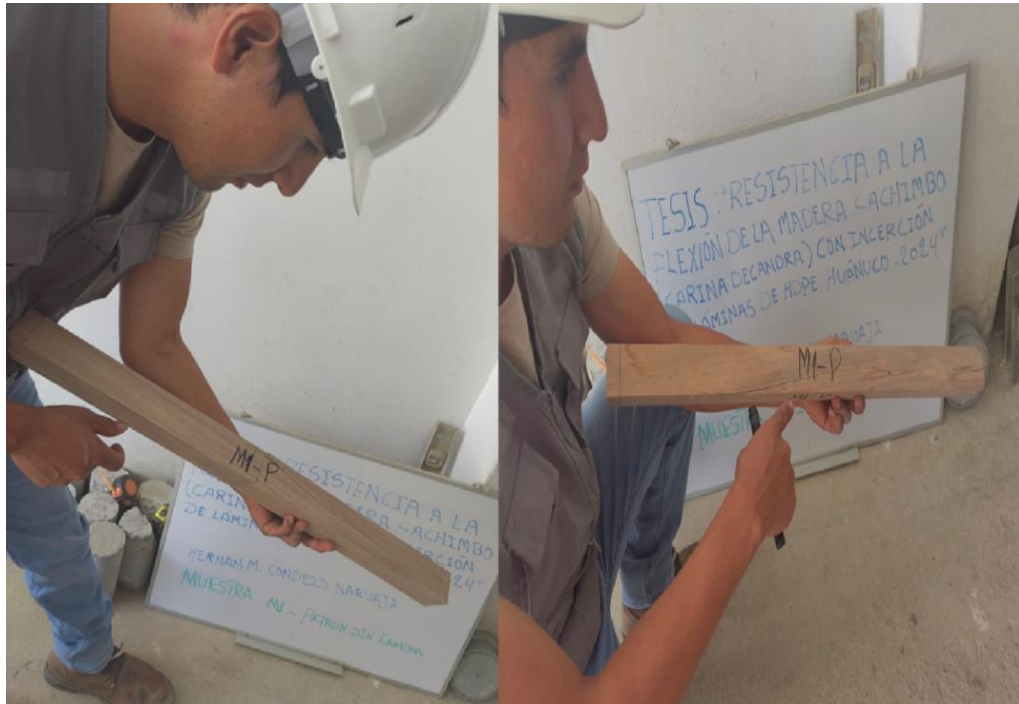


Figura 9

Ensayo resistencia a flexión con inserción de 1 lamina



Figura 10

Verificación de las fallas en las unidades de análisis de madera posterior al ensayo



Figura 11

Ensayo resistencia a flexión con inserción de 2 láminas



Figura 12

Verificación de las fallas en las unidades de análisis de madera posterior al ensayo



Figura 13

Ensayo resistencia a flexión con inserción de 3 láminas



3.5. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

El análisis e interpretación de datos se realizaron utilizando programas de cálculo estadístico como SPSS y Microsoft Excel. SPSS se empleó para llevar a cabo pruebas estadísticas inferenciales, como la prueba *t* de Student, que permitió evaluar la significancia del aumento en la resistencia a flexión de la madera cachimbo reforzada con láminas de HDPE. Microsoft Excel fue utilizado para organizar los datos recolectados, calcular estadísticas descriptivas como medias y desviaciones estándar, y para la elaboración de gráficos que facilitaron la visualización de los resultados. Esta combinación de herramientas permitió un análisis riguroso y detallado, apoyando la validez de los hallazgos del estudio.

3.6. ASPECTOS ÉTICOS

La investigación no se ha considerado como parte del estudio a personas, niños o animales ya que esta consiste en mejorar resistencia a la flexión de la madera cachimbo (*Cariniana Decandra*) con inserción de láminas de HDPE.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DESCRIPTIVOS

En esta parte se describe el proceso de los datos en nuestro caso resistencia a la flexión de la madera cachimbo (Cariniana Decandra) con inserción de láminas de HDPE.

Análisis descriptivo de los datos obtenidos en laboratorio

Tabla 4

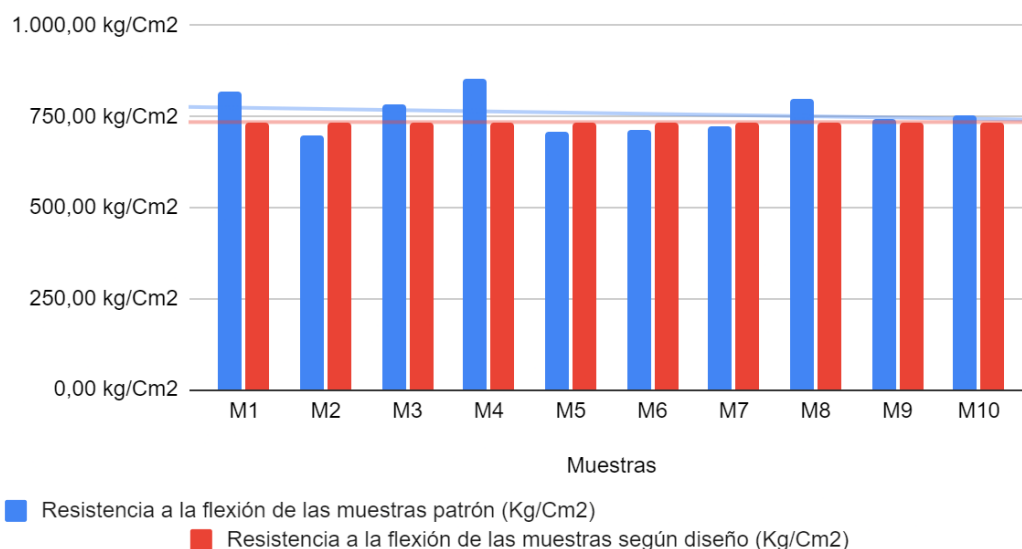
Resultados resistencia a flexión unidades de análisis patrón y según diseño

Unidades de análisis	Resistencia a flexión unidades de análisis patrón (Kg/Cm2)	Resistencia a flexión unidades de análisis según diseño (Kg/Cm2)
M1	818,00	735,00
M2	697,23	735,00
M3	782,89	735,00
M4	852,26	735,00
M5	706,65	735,00
M6	715,22	735,00
M7	723,79	735,00
M8	798,30	735,00
M9	744,34	735,00
M10	752,91	735,00

Figura 14

Comparación resistencia a flexión (Kg/cm²) patrón y según diseño

Resistencia a la flexión de las muestras patrón (Kg/Cm2) y Resistencia a la flexión de las muestras según diseño (Kg/Cm2)



Interpretación

En la figura se observa que el valor más alto registrado para la resistencia a flexión de unidades de análisis patrón sin la inclusión de láminas de HDPE es de 852,26 Kg/cm², mientras que para la resistencia a flexión de la madera cachimbo según su diseño, conforme a madexo.pe, el valor es de 735,00 Kg/cm².

Tabla 5

Promedio resistencia a flexión unidades de análisis patrón y según diseño

Media	Valor	Unidades
Resist. a flexión unidades de análisis patrón.	759,16	Kg/cm2
Resist. a flexión según diseño.	735,00	Kg/cm2

Interpretación:

Según los datos de la tabla, la resistencia media a la flexión de las unidades de análisis de madera patrón es de 759,16 kg/cm², mientras que la resistencia a la flexión según el diseño es de 735,00 kg/cm². Al comparar ambos valores, se concluye que las unidades de análisis de madera patrón son más resistentes a la flexión que las especificadas en el diseño.

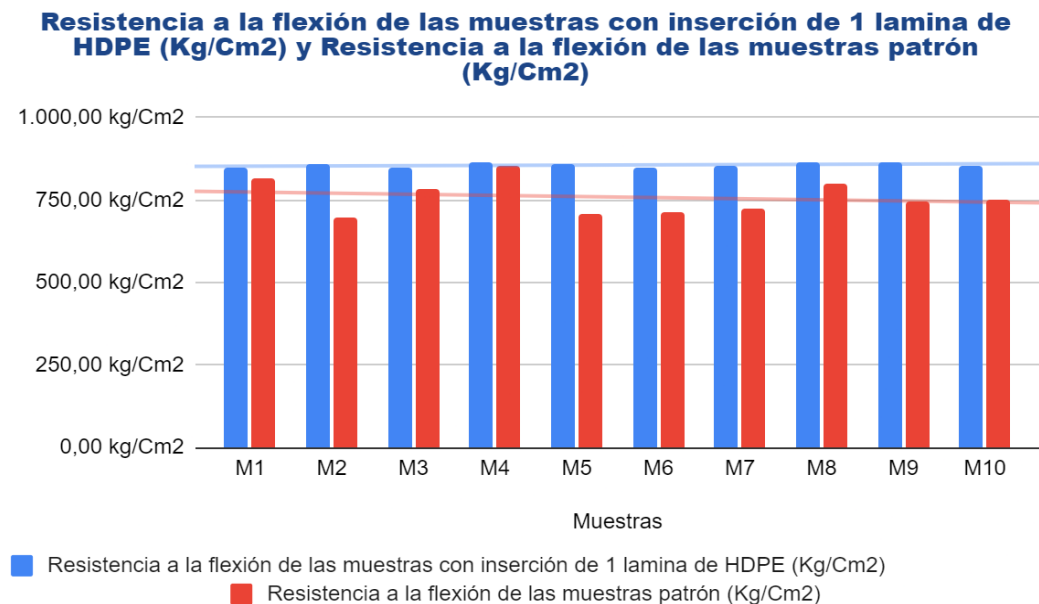
Tabla 6

Resultado resistencia a flexión unidades de análisis patrón y con 1 lámina de HDPE

Unidades de análisis	Resistencia a flexión	
	unidades de análisis con inserción de 1 lámina de HDPE (Kg/Cm2)	Resistencia a flexión unidades de análisis patrón (Kg/Cm2)
M1	846,27	818,00
M2	858,26	697,23
M3	848,84	782,89
M4	865,12	852,26
M5	860,83	706,65
M6	847,98	715,22
M7	853,98	723,79
M8	866,83	798,30
M9	864,26	744,34
M10	851,41	752,91

Figura 15

Comparación resistencia a flexión: patrón vs. muestra con 1 lámina de HDPE (Kg/cm²)



Interpretación

En la figura se observa que el valor más alto para la resistencia a flexión de unidades de análisis patrón sin láminas de HDPE es de 852,26 Kg/Cm2,

mientras que para las unidades de análisis de madera cachimbo con la inserción de 1 lámina de HDPE, la resistencia alcanzó los 866,83 Kg/Cm2.

Tabla 7

Promedio resistencia a flexión unidades de análisis patrón y con 1 lámina de HDPE

Media	Valor	Unidades
Resist. a flexión de unidades de análisis patrón.	759,16	Kg/cm2
Resist. a flexión de unidades de análisis con inserción de 1 lámina de HDPE.	856,38	Kg/cm2

Interpretación:

Los datos muestran que la resistencia promedio a flexión de unidades de análisis de madera patrón es 759,16 kg/cm2, mientras que las unidades de análisis con 1 lámina de HDPE alcanzan una resistencia de 856,38 kg/cm2. Esto indica que las unidades de análisis con la inserción de HDPE son más resistentes a flexión en comparación con las unidades de análisis patrón.

Tabla 8

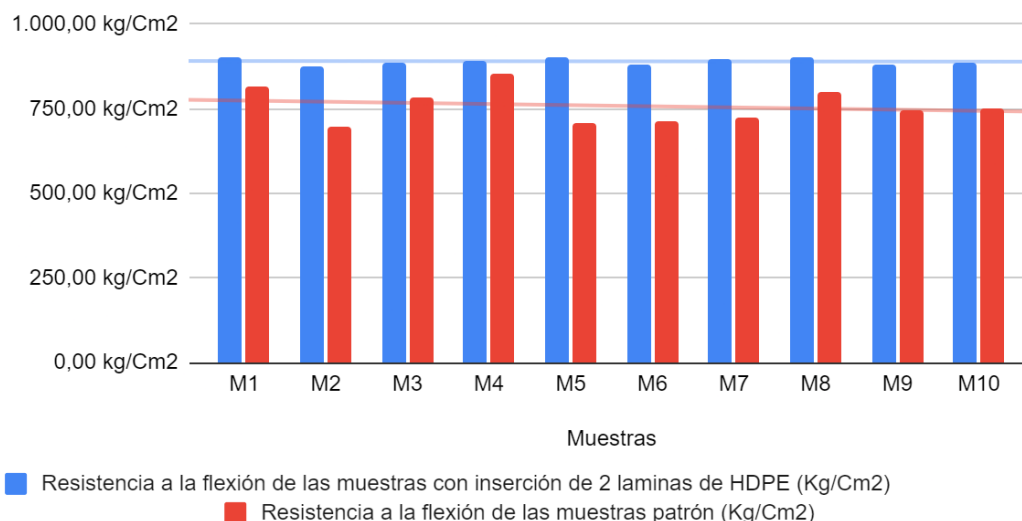
Resultado resistencia a flexión unidades de análisis patrón y con inserción de 2 láminas de HDPE

Unidades de análisis	Resistencia a flexión unidades de análisis con inserción de 2 láminas de HDPE (Kg/Cm2)	Resistencia a flexión unidades de análisis patrón (Kg/Cm2)
M1	903,66	818,00
M2	874,53	697,23
M3	885,67	782,89
M4	891,67	852,26
M5	900,23	706,65
M6	880,53	715,22
M7	898,52	723,79
M8	902,80	798,30
M9	879,67	744,34
M10	886,53	752,91

Figura 16

Comparación resistencia a flexión unidades de análisis patrón y con 2 láminas de HDPE (Kg/cm2)

Resistencia a la flexión de las muestras con inserción de 2 laminas de HDPE (Kg/Cm2) y Resistencia a la flexión de las muestras patrón (Kg/Cm2)



Interpretación

La figura muestra que la resistencia a flexión más alta de unidades de análisis patrón sin láminas de HDPE es de 852,26 Kg/Cm2, mientras que la resistencia a flexión de las unidades de análisis de madera cachimbo con 2 láminas de HDPE alcanza los 903,66 Kg/Cm2.

Tabla 9

Resultado promedio de resistencia a flexión unidades de análisis patrón y con 2 láminas de HDPE

Media	Valor	Unidades
Resist. a flexión unidades de análisis patrón.	759,16	Kg/cm2
Resist. a flexión unidades de análisis con inserción de 2 láminas de HDPE.	890,38	Kg/cm2

Interpretación:

De acuerdo con los datos, la resistencia promedio a flexión de las unidades de análisis de madera patrón es 759,16 kg/cm2, mientras que las unidades de análisis con 2 láminas de HDPE tienen una resistencia de 890,38 kg/cm2. Esto indica que las unidades de análisis con inserción de 2 láminas de HDPE son más resistentes a flexión que las unidades de análisis patrón.

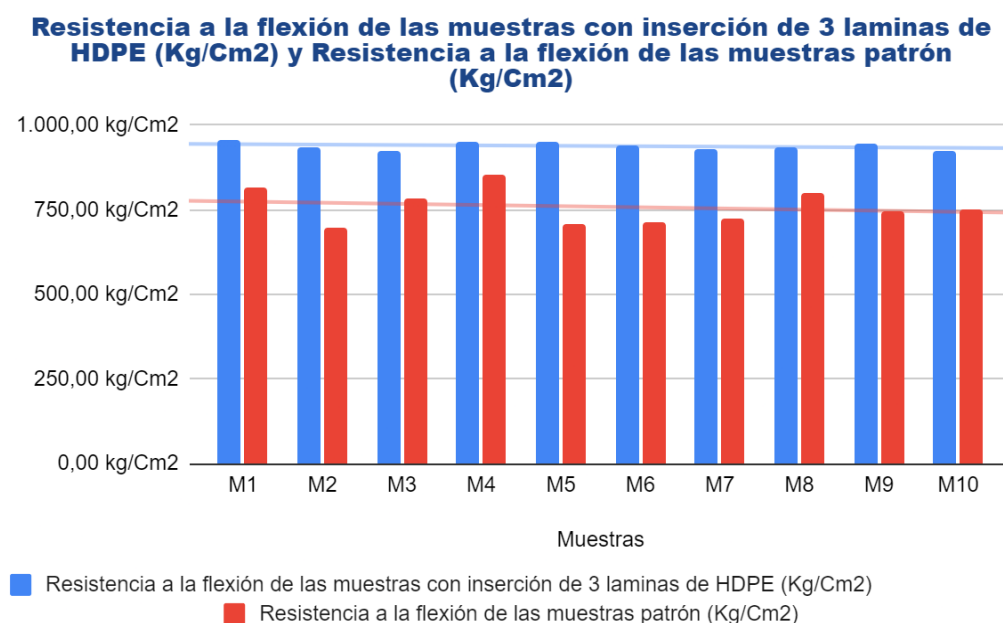
Tabla 10

Resultado resistencia a flexión entre las unidades de análisis patrón y con inserción de 3 láminas de HDPE

Unidades de análisis	Resistencia a flexión unidades de análisis con inserción de 3 láminas de HDPE (Kg/Cm2)	Resistencia a flexión unidades de análisis patrón (Kg/Cm2)
M1	955,05	818,00
M2	932,78	697,23
M3	922,50	782,89
M4	949,06	852,26
M5	951,63	706,65
M6	939,63	715,22
M7	931,06	723,79
M8	934,49	798,30
M9	943,92	744,34
M10	925,08	752,91

Figura 17

Comparación resistencia a la flexión muestra patrón y con 3 láminas de HDPE (Kg/cm2)



Interpretación

La figura muestra que la resistencia máxima a flexión de unidades de análisis patrón sin láminas de HDPE es de 852,26 Kg/cm², mientras que con

la inserción de 3 láminas de HDPE, la resistencia a flexión de la madera cachimbo alcanza los 955,05 Kg/cm².

Tabla 11

Resultado promedio resistencia a flexión unidades de análisis patrón y con 3 láminas de HDPE

Media	Valor	Unidades
Resist. a flexión unidades de análisis patrón.	759,16	Kg/cm ²
Resist. a flexión unidades de análisis con inserción de 3 láminas de HDPE.	938,52	Kg/cm ²

Interpretación:

Según los datos, la resistencia promedio a flexión de unidades de análisis patrón es de 759,16 kg/cm², mientras que las unidades de análisis con 3 láminas de HDPE alcanzan los 938,52 kg/cm². Esto indica que las unidades de análisis con HDPE muestran una mayor resistencia a flexión en comparación con las unidades de análisis patrón.

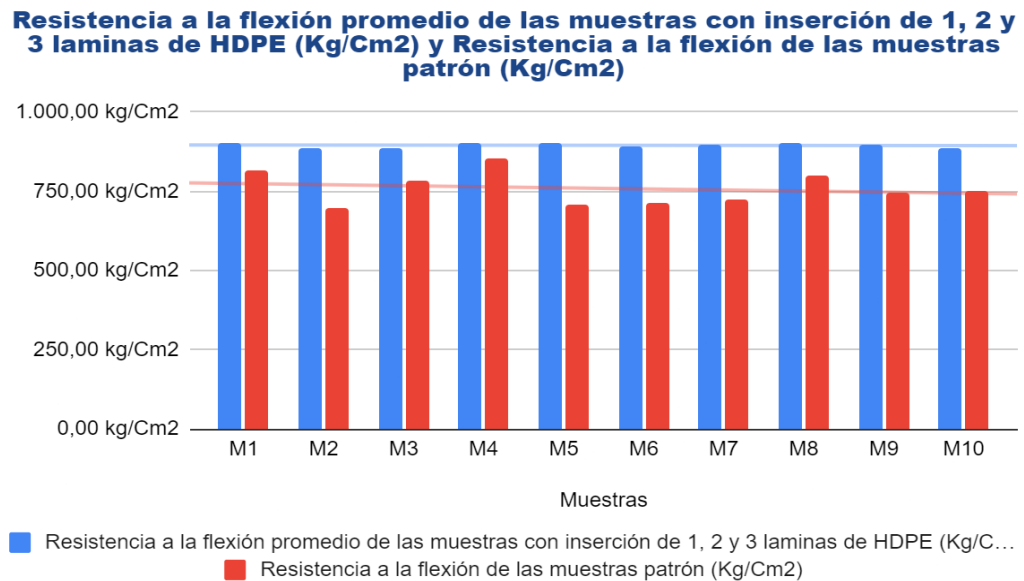
Tabla 12

Resultado resistencia a flexión promedio unidades de análisis patrón y con inserción de 1, 2 y 3 láminas de HDPE

Unidades de análisis	Resistencia a flexión promedio unidades de análisis con inserción de 1, 2 y 3 láminas de HDPE (Kg/Cm2)	
	Resistencia a flexión unidades de análisis patrón (Kg/Cm2)	
M1	901,66	818,00
M2	888,52	697,23
M3	885,67	782,89
M4	901,95	852,26
M5	904,23	706,65
M6	889,38	715,22
M7	894,52	723,79
M8	901,37	798,30
M9	895,95	744,34
M10	887,67	752,91

Figura 18

Comparación resistencia a flexión promedio muestra patrón y con 1, 2 y 3 láminas de HDPE (Kg/cm²)



Interpretación

La figura muestra que el valor más alto para la resistencia a la flexión de unidades de análisis patrón sin láminas de HDPE es de 852,26 Kg/cm², mientras que la resistencia a flexión promedio de la madera cachimbo con la inserción de 1, 2 y 3 láminas de HDPE alcanza los 904,23 Kg/cm².

Tabla 13

Resultado del promedio de resistencia a flexión unidades de análisis patrón y con 1, 2 y 3 láminas de HDPE

Media	Valor	Unidades
Resist. a flexión de unidades de análisis patrón.	759,16	Kg/cm ²
Resist. a flexión promedio de unidades de análisis con inserción de 1, 2 y 3 láminas de HDPE.	895,09	Kg/cm ²

Interpretación:

Según los datos, la resistencia promedio a flexión de unidades de análisis patrón es de 759,16 kg/cm², mientras que las unidades de análisis con inserción de 1, 2 y 3 láminas de HDPE tienen un valor promedio de 895,09 kg/cm². Esto indica que las unidades de análisis con HDPE muestran una mayor resistencia a la flexión que las unidades de análisis patrón.

4.2. RESULTADOS INFERENCIALES

Para la hipótesis general

HG: Insertar láminas de HDPE tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera cachimbo, Huánuco - 2024.

H0: Insertar láminas de HDPE NO tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera cachimbo, Huánuco - 2024.

Prueba de normalidad para los datos de la hipótesis general.

Tabla 14

Prueba de normalidad resistencia a flexión unidades de análisis patrón y con inserción de 1, 2 y 3 láminas de HDPE

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a flexión unidades de análisis patrón (Kg/Cm ²)	,152	10	,200*	,940	10	,550
Resistencia a flexión promedio unidades de análisis con inserción de 1, 2 y 3 láminas de HDPE (Kg/Cm ²)	,217	10	,200	,894	10	,187

Interpretación:

Se empleó la prueba de normalidad Shapiro-Wilk debido a que las unidades de análisis son menores de 30. Los resultados mostraron que los datos cumplen con la normalidad tanto para la resistencia a flexión promedio

de las unidades de análisis con inserción de 1, 2 y 3 láminas de HDPE ($p=0,187>0,05$) como para las unidades de análisis patrón sin HDPE ($p=0,550>0,05$). Al cumplirse el supuesto de normalidad, se procedió a realizar la prueba paramétrica de T de Student para unidades de análisis relacionadas en la hipótesis planteada.

Análisis inferencial para los datos de la hipótesis general

Tabla 15

Prueba T de Student resistencia a flexión promedio con 1, 2 y 3 láminas de HDPE vs. unidades de análisis patrón

Prueba de unidades de análisis emparejadas						
Resistencia a flexión unidades de análisis patrón (Kg/Cm2) - Resistencia a flexión promedio unidades de análisis con inserción de 1, 2 y 3 láminas de HDPE (Kg/Cm2)	Diferencias emparejadas					
		95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Inferior	Superior			
	-135,933	-171,4083	-100,458	-8,668	9	,001

Interpretación

El análisis realizado con el software estadístico SPSS confirma la hipótesis alternativa, indicando que la inserción de láminas de HDPE tiene un impacto significativo en la resistencia a flexión de la madera cachimbo, Huánuco - 2024, con un valor de contraste de ($t=-8,668$; $p=0,001<0,05$).

Hipótesis específica 1:

HE1: Insertar 1 lámina de HDPE tiene una incidencia significativa en la resistencia a la flexión de la madera Cachimbo.

HE0: Insertar 1 lámina de HDPE NO tiene una incidencia significativa en la resistencia a la flexión de la madera Cachimbo.

Prueba de normalidad para los datos de la hipótesis específica 1.

Tabla 16

Prueba de normalidad resistencia a flexión con 1 lámina de HDPE y las unidades de análisis patrón

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a flexión unidades de análisis patrón (Kg/Cm2)	,152	10	,200*	,940	10	,550
Resistencia a flexión unidades de análisis con inserción de 1 lámina de HDPE (Kg/Cm2)	,148	10	,200*	,917	10	,332

Interpretación:

Se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk debido al tamaño de las unidades de análisis (menos de 30). Los resultados mostraron que los datos cumplen con la normalidad tanto para la resistencia a flexión de las unidades de análisis con 1 lámina de HDPE ($p=0,332>0,05$) como para las unidades de análisis patrón ($p=0,550>0,05$). Al cumplir con este supuesto, se continuó con la prueba paramétrica de T de Student para unidades de análisis relacionadas.

Análisis inferencial para los datos de la hipótesis específica 1

Tabla 17

Prueba de T Student para la resistencia a flexión promedio con inserción de 1 lámina HDPE y unidades de análisis patrón

Prueba de unidades de análisis emparejadas						
Resistencia a flexión unidades de análisis patrón (Kg/Cm2) - Resistencia a flexión unidades de análisis con inserción de 1 lámina de HDPE (Kg/Cm2)	Media	Diferencias emparejadas 95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
		Inferior	Superior			
	-97,219	134,0479	-60,39002	-5,972	9	,001

Interpretación

El análisis realizado con el software estadístico SPSS respalda la hipótesis alternativa, indicando que la inserción de 1 lámina de HDPE tiene un efecto significativo en la resistencia a flexión de la madera Cachimbo. La contrastación arrojó los resultados ($t=-5,972$; $p=0,001<0,05$).

Hipótesis específica 2:

HE2: Insertar 2 lámina de HDPE tiene una incidencia significativa en la resistencia a la flexión de la madera Cachimbo.

HE0: Insertar 2 lámina de HDPE NO tiene una incidencia significativa en la resistencia a la flexión de la madera Cachimbo.

Prueba de normalidad para los datos de la hipótesis específica 2

Tabla 18

Prueba de normalidad para la resistencia a flexión unidades de análisis con 2 láminas de HDPE y las unidades de análisis patrón

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a flexión unidades de análisis patrón (Kg/Cm2)	,152	10	,200*	,940	10	,550
Resistencia a flexión unidades de análisis con inserción de 2 láminas de HDPE (Kg/Cm2).	,180	10	,200*	,924	10	,391

Interpretación:

Se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk debido al tamaño de muestra menor a 30. Los resultados indican que los datos de resistencia a flexión tanto para las unidades de análisis con 2 láminas de HDPE

($p=0,391>0,05$) como para las unidades de análisis patrón ($p=0,550>0,05$) cumplen con el supuesto de normalidad. Al cumplirse este supuesto, se procedió a realizar la prueba paramétrica de T de Student para unidades de análisis relacionadas en la prueba de hipótesis.

Análisis inferencial para los datos de la hipótesis específica 2

Tabla 19

Prueba de T de Student para la resistencia a flexión promedio unidades de análisis con 2 láminas de HDPE y las unidades de análisis patrón

Prueba de unidades de análisis emparejadas						
Resistencia a flexión unidades de análisis patrón (Kg/Cm2) - Resistencia a flexión unidades de análisis con inserción de 2 láminas de HDPE (Kg/Cm2)	Diferencias emparejadas					
		95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
	Media					
		Inferior	Superior			
	-131,222	-165,8736	-96,57034	-8,567	9	,001

Interpretación

El análisis realizado con el software SPSS confirma la hipótesis alternativa, indicando que la inserción de 2 láminas de HDPE afecta significativamente la resistencia a flexión de la madera Cachimbo, con un valor de $t=-8,567$ y $p=0,001$ ($p<0,05$).

Hipótesis específica 3:

HE3: Insertar 3 lámina de HDPE tiene una incidencia significativa en la resistencia a la flexión de la madera Cachimbo.

HE0: Insertar 3 lámina de HDPE NO tiene una incidencia significativa en la resistencia a la flexión de la madera Cachimbo.

Prueba de normalidad para los datos de la hipótesis específica 3

Tabla 20

Prueba de normalidad para la resistencia a la flexión unidades de análisis con inserción de 3 láminas de HDPE y las unidades de análisis patrón

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a flexión unidades de análisis patrón (Kg/Cm2)	,152	10	,200*	,940	10	,550
Resistencia a flexión unidades de análisis con inserción de 3 láminas de HDPE (Kg/Cm2)	,141	10	,200*	,956	10	,734

Interpretación:

Se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, dado que las unidades de análisis son menores a 30. Los resultados indican que los datos cumplen con el supuesto de normalidad tanto para la resistencia a flexión de las unidades de análisis con inserción de 3 láminas de HDPE ($p=0,734>0,05$) como para las unidades de análisis patrón sin inserción ($p=0,550>0,05$). Al cumplirse el criterio de normalidad, se procedió con la prueba paramétrica T de Student para unidades de análisis relacionadas.

Análisis inferencial para los datos de la hipótesis específica 3

Tabla 21

Prueba T de Student para la resistencia a la flexión unidades de análisis con inserción de 3 láminas de HDPE y las unidades de análisis patrón

Prueba de unidades de análisis emparejadas						
Resistencia a flexión unidades de análisis patrón (Kg/Cm2) - Resistencia a flexión unidades de análisis con inserción de 3 láminas de HDPE (Kg/Cm2)	Diferencias emparejadas			t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
		Inferior	Superior			
	-179,361	-215,353	-143,3695	-11,273	9	,001

Interpretación

El análisis realizado con el software SPSS confirma la hipótesis alternativa, indicando que la inserción de 3 láminas de HDPE tiene un impacto significativo en la resistencia a flexión de la madera Cachimbo, con un valor de contrastación de ($t=-11,273$; $p=0,001<0,05$).

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En esta parte de la investigación se presenta la comparación de la investigación con los resultados de otras investigaciones anteriores.

Sánchez (2021), El estudio evaluó las propiedades mecánicas de la madera de eucalipto proveniente de la provincia de Tungurahua, Ecuador, con el objetivo de determinar su idoneidad como material estructural según la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 (NEC 2015). Los resultados revelaron que esta madera exhibe características mecánicas similares a otras especies utilizadas comúnmente en la construcción. Además, se encontró que cumple con los requisitos mínimos establecidos por la NEC 2015 para ser empleada en diversas aplicaciones estructurales, como vigas, columnas, losas, entrepisos, encofrados y tabiques. En conclusión, la madera de eucalipto de Tungurahua se presenta como una opción viable y sostenible para la construcción, siendo recomendable su implementación en la edificación de viviendas y otras estructuras, especialmente en áreas donde este recurso forestal es abundante. En contraste con mi investigación, se encontró la máxima resistencia a la flexión en la madera cachimbo al insertar 3 láminas de HDPE con una resistencia media alcanzada de 938,52 Kg/cm² respecto de las unidades de análisis patrón que registraron 759,16 Kg/Cm².

Edquén (2022), en su investigación el objetivo principal fue analizar el estudio se centró en el comportamiento mecánico de elementos de madera estructural laminada tipo sándwich doble sometidos a compresión y flexión, en comparación con vigas y columnetas de madera maciza sometidas a los mismos esfuerzos. Se analizó un total de 24 unidades de análisis, según lo establecido por la NTC 3377 para ensayos en probetas pequeñas. Mediante la variación de los esfuerzos aplicados en los ensayos de compresión y flexión, se logró caracterizar y procesar la información, obteniendo el esfuerzo máximo que estas probetas podían soportar. Los resultados mostraron que las vigas laminadas tienen un rendimiento 1.43 veces superior al de las vigas macizas, mientras que las columnetas laminadas presentan un

comportamiento 0.68 veces inferior en comparación con las columnetas macizas bajo esfuerzos de compresión. El autor concluye que los elementos de madera estructural laminada tipo sándwich doble tienen un mejor comportamiento mecánico que las vigas y columnetas de madera maciza bajo los mismos esfuerzos. Al comparar estos resultados con nuestra investigación, se observó que la resistencia a la flexión con inserción de 1 lámina de HDPE en la madera cachimbo fue de 856,38 Kg/cm², frente a los 759,16 Kg/cm² de las unidades de análisis patrón sin inserción de estas láminas.

Quispe (2021), El objetivo principal de la investigación fue comparar las resistencias a la flexión de vigas hechas con madera Shihuahuaco y Quinilla. Para ello, se recopiló información de 24 unidades de análisis, siguiendo las directrices de la NTC 3377 para ensayos en probetas pequeñas. Se midió la carga máxima aplicada a cada viga, sus dimensiones y la distancia entre los apoyos. La información obtenida fue procesada, analizada e interpretada para cada caso en los ensayos. Los resultados mostraron que la resistencia a la flexión de las vigas de Shihuahuaco es estadísticamente similar a la de Quinilla, pero la Quinilla sobresale por su mayor elasticidad, lo que la hace más recomendable para su uso en vigas. Por otro lado, el Shihuahuaco es más adecuado para columnas. Sin embargo, ambas maderas son aptas para el uso en vigas y estructuras, clasificándose en la tipología A de la Norma E.010, con propiedades físicas de flexión entre media y alta. En conclusión, la investigación demuestra que tanto la madera Shihuahuaco como la Quinilla son apropiadas para su uso en vigas y estructuras, pero la Quinilla es preferible para vigas debido a su mayor elasticidad, mientras que el Shihuahuaco es más adecuado para columnas. En nuestra investigación, al incorporar 1, 2 y 3 láminas de HDPE en la madera cachimbo, se alcanzó una resistencia a la flexión promedio de 895,09 Kg/cm², superando el valor de 759,16 Kg/cm² de las unidades de análisis de control sin inserción de láminas.

CONCLUSIONES

Para el objetivo general: Determinar el efecto de insertar láminas de HDPE en la resistencia a flexión de la madera Cachimbo, Huánuco - 2024. Se concluye que la inserción de láminas de HDPE en la madera Cachimbo tiene un efecto significativo en su resistencia a la flexión. Este resultado se respalda mediante un análisis de contraste ($t=-8,668$; $p=0,001<0,05$). Al comparar las medias, se observa que la resistencia a flexión aumenta al incorporar 1, 2 y 3 láminas de HDPE, alcanzando un promedio de 895,09 kg/cm², en contraste con las unidades de análisis de control, que, sin estas láminas, presentan una resistencia promedio de 759,16 kg/cm².

Para el objetivo específico 1: Determinar la incidencia de insertar 1 lámina de HDPE en la resistencia a flexión de la madera Cachimbo. Se concluye que se observa un efecto significativo en la resistencia a la flexión al insertar 1 lámina de HDPE en la madera Cachimbo. Esto se evidencia a través de un análisis de contraste ($t=-5,972$; $p=0,001<0,05$), al examinar las medias, se puede inferir que la resistencia a la flexión aumenta al insertar 1 láminas de HDPE, con una media de 856,38 kg/cm², en comparación con las unidades de análisis patrón que no contienen estas láminas, cuya resistencia a flexión promedio es de 759,16 kg/cm².

Para el objetivo específico 2: Determinar la incidencia de insertar 2 láminas de HDPE en la resistencia a flexión de la madera Cachimbo. Se concluye que se observa un efecto significativo en la resistencia a la flexión al insertar 2 láminas de HDPE en la madera Cachimbo. Esto se evidencia a través de un análisis de contraste ($t=-8,567$; $p=0,001<0,05$), al examinar las medias, se puede inferir que la resistencia a la flexión aumenta al insertar 2 láminas de HDPE, con una media de 890,38 kg/cm², en comparación con las unidades de análisis patrón que no contienen estas láminas, cuya resistencia a flexión promedio es de 759,16 kg/cm².

Para el objetivo específico 3: Determinar la incidencia de insertar 3 láminas de HDPE en la resistencia a la flexión de la madera Cachimbo. Se concluye que se observa un efecto significativo en la resistencia a la flexión al

insertar láminas de HDPE en la madera Cachimbo. Esto se evidencia a través de un análisis de contraste ($t=-11,273$; $p=0,001<0,05$), al examinar las medias, se puede inferir que la resistencia a la flexión aumenta al insertar 3 láminas de HDPE, con una media de 938,52 kg/cm², en comparación con las unidades de análisis patrón que no contienen estas láminas, cuya resistencia a flexión promedio es de 759,16 kg/cm².

RECOMENDACIONES

Dado el aumento en la resistencia a flexión de la madera cachimbo con la inserción de láminas de HDPE, se recomienda la adopción de esta técnica en aplicaciones de construcción donde se requiera mayor resistencia estructural, especialmente en áreas propensas a fuerzas de flexión, como vigas y soportes.

Se sugiere utilizar una inserción de tres láminas de HDPE en aplicaciones que requieran máxima resistencia a flexión, ya que esta configuración mostró la mayor mejora en la resistencia con una media de 938,52 kg/cm². Para aplicaciones menos exigentes o para optimizar costos, una o dos láminas también son efectivas y ofrecen mejoras sustanciales en comparación con la madera sin refuerzo.

Es recomendable que los organismos reguladores de la construcción en Huánuco y otras regiones con madera cachimbo implementen normativas que incluyan la opción de refuerzo con HDPE. Esto proporcionará guías claras para su uso y garantizará la calidad y seguridad de las estructuras construidas con este material compuesto.

Es crucial capacitar a arquitectos, ingenieros y constructores locales sobre las técnicas de inserción de láminas de HDPE en la madera cachimbo. La correcta aplicación y conocimiento de las ventajas de este método ayudarán a maximizar su uso y beneficios en el sector de la construcción. Se recomienda llevar a cabo investigaciones adicionales para explorar otros tipos de materiales de refuerzo que puedan combinarse con la madera cachimbo. Además, estudios a largo plazo sobre la durabilidad y comportamiento de estas estructuras en condiciones ambientales diversas pueden proporcionar información valiosa para mejorar aún más la resistencia y sostenibilidad de las construcciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ashby, M. F., & Jones, D. H. (2009). *Materiales para ingeniería 2: Introducción a la microestructura, el procesamiento y el diseño*. Editorial Reverté.
- Billmeyer, F. W. (2020). *Ciencia de los polímeros*. (R. Areal Guerra, Trad.) Reverte.
- Carrasco Díaz, S. (2015). *Metodología de la investigación científica: pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación*. San Marcos.
- Castaño-Arboleda, N., Cárdenas, D., & Rodríguez, E. O. (2007). *Ecología, aprovechamiento y manejo sostenible de nueve especies de plantas del departamento del Amazonas: generadoras de productos maderables y no maderables*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas - Sinchi.
- Castaño-Arboleda, N., Cárdenas, D., & Rodríguez, E. O. (2007). *Ecología, aprovechamiento y manejo sostenible de nueve especies de plantas del departamento del Amazonas: generadoras de productos maderables y no maderables*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas - Sinchi.
- Chang Nieto, G., & Pérez Avendaño, D. (2015). *Guía de laboratorio de resistencia de materiales*. Universidad del Magdalena.
- Contreras Bravo, L. E., Vargas Tamayo, L. F., & Ríos Linares, R. A. (2018). *Procesos de fabricación en polímeros y cerámicos*. Ediciones de la U.
- Contreras Bravo, L. E., Vargas Tamayo, L. F., & Ríos Linares, R. A. (2018). *Procesos de fabricación en polímeros y cerámicos*. Ediciones de la U.
- Dalmau García, M. R., & Vilardell Coma, J. (2004). *Análisis plástico de estructuras. Introducción*. Universitat Politècnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politècnica.
- Delgado, P. (31 de July de 2017). *Propiedades y especies para madera estructural II: Propiedades mecánicas de la madera*. Recuperado el 11 de December de 2023, de Maderea: <https://www.maderea.es/propiedades-y-especies-para-madera-estructural-ii-propiedades-mecanicas-de-la-madera/>

- Edquén Perez, J. A. (2022). Análisis y determinación del comportamiento mecánico de elementos de madera estructural laminada tipo sandwich doble sometidos a compresión y flexión. Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4935>
- Galindo Galindo, J. J. (2020). Determinación de las propiedades mecánicas de las vigas de madera laminada como elementos estructurales. Universidad de Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/34545>
- Groover, M. P. (1997). *Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas*. Prentice Hall.
- Guarniz Linares, C. A. (2020). Resistencia a flexión de vigas macizas y vigas laminadas para dos tipos de maderas, en la ciudad de Cajamarca. Universidad Nacional del Norte. Obtenido de guarniz Resistencia a flexión de vigas macizas y vigas laminadas para dos tipos de maderas, en la ciudad de Cajamarca
- Gutierrez Valencia, T. (2019). *Polímeros: Generalidades y tendencias de investigación en Colombia*. (T. M. Gutierrez Valencia, Ed.) Universidad del Cauca.
- Hernández Sampieri, R. (2018). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN: LAS RUTAS CUANTITATIVA, CUALITATIVA Y MIXTA*. McGraw-Hill Interamericana.
- Izquierdo, J. F., & Izquierdo Torres, J. F. (2004). *Cinética de las Reacciones Químicas*. Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona.
- López Camacho, R., & Cárdenas López, D. (2002). *Manual de identificación de especies maderables objeto de comercio en la Amazonia colombiana*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas.
- Panaplast. (25 de Agosto de 2023). *Panaplast*. Obtenido de Panaplast: <https://panaplast.net/new/producto/lam-polietileno-hdpe/>
- Pino Gotuzzo, R. (2018). *Metodología de la investigación: elaboración de diseños para contrastar hipótesis*. San Marcos.
- Quezada Lucio, N. (2010). *Metodología de la investigación: estadística aplicada en la investigación*. Editorial Macro.

- Quispe Rojas, S. V. (2021). Análisis comparativo de la resistencia a la flexión en vigas de la madera Shihuahuaco y Quinilla comercializada en el Distrito de Irazola - Provincia de Padre Abad – Departamento de Ucayali – 2021. Universidad Nacional Hermilio Valdizan. Obtenido de <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/7446>
- Ramos de Valle, L. F. (1993). *EXTRUSION DE PLASTICOS : PRINCIPIOS BASICOS*. LIMUSA.
- Rodríguez Bruceta, P., Perez Rodriguez, A., & Velázquez Infante, J. (2015). Propuesta de un procedimiento para el reciclado del polietileno de alta densidad. *Revista Cubana de Química*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-54212015000100003&script=sci_arttext&lng=en
- Rojas, T. (18 de Agosto de 2023). *Plásticos*. Obtenido de <https://www.plastico.com/es/noticias/todo-sobre-el-polietileno-de-alta-densidad-hdpe-usos-ventajas-y-mercado-actual>
- Sánchez Dahua, J. (2021). Análisis de las propiedades mecánicas de la madera de Eucalipto (*Eucalyptus*), provenientes de la provincia de Tungurahua y su factibilidad como material estructural de acuerdo a la norma ecuatoriana de la construcción 2015 (NEC 2015). Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/33541/1/Tesis%20.%20C.%201523%20-%20S%C3%A1nchez%20Dahua%20Jos%C3%A9%20Luis.pdf>
- Seymour, R. B., & Carraher, C. J. (2021). *Introducción a la química de los polímeros*. (R. Areal Guerra, Trad.) Reverte.
- Silva Tarrillo, J. L., & Vásquez Becerra, R. (2021). Evaluación estructural de la madera habilitada “pinus radiata”, centro poblado Santa Clara, Distrito de Chalamarca, Chota, 2021. Universidad Nacional Autónoma de Chota. Obtenido de <https://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/403?show=full>
- Suárez Soledispa, E. (2021). La resistencia a la flexión es máxima a un contenido de humedad, y desde el índice del porcentaje de humedad hasta el punto de saturación de la fibra. ¿Cuál o cuáles serían las

dimensiones de resistencia? Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas.

Taiz, L., & Zeiger, E. (2007). *Fisiología vegetal*. Universitat Jaume I.

Trade Forest Perú. (2021). *Especificaciones técnicas madera Cachimbo*. Recuperado el 11 de December de 2023, de Trade Forest Perú: https://tradeforestperu.com/web_control/productos/mediaprod/especificaciones-tecnicas---madera-cachimbo-be3c15af01.pdf

Vásquez Bernal, A. K. (2021). Evaluación del comportamiento estructural de la madera tornillo dependiendo del contenido de humedad – Chiclayo. Universidad Cesar Vallejo.

Witte, J. (2004). *Maderas del sur de Chile: árboles, aplicaciones y procesos*. Edit. Universitaria.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Condezo Narvaja, H. M. (2025). *Resistencia a la flexión de la madera cachimbo (Cariniana Decandra) con inserción de láminas de HDPE, Huánuco - 2024*. [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH. url: <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE LA MADERA CACHIMBO (CARINIANA DECANDRA) CON INSERCIÓN DE LÁMINAS DE HDPE, HUÁNUCO - 2024

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA
Problema general PG: ¿Cuál es el efecto de insertar láminas de HDPE en la resistencia a la flexión de la madera cachimbo, Huánuco - 2024?	Objetivo general OG: Determinar el efecto de insertar láminas de HDPE en la resistencia a la flexión de la madera Cachimbo, Huánuco - 2024.	Hipótesis general HG: Insertar láminas de HDPE tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera cachimbo, Huánuco - 2024.	Enfoque: Enfoque cuantitativo. Alcance o nivel: Alcance explicativo. Diseño: Diseño Cuasi experimental.
Problema específico PE1: ¿Cuál será la incidencia de insertar 1 lámina de HDPE en la resistencia a la flexión de la madera Cachimbo? PE2: ¿Cuál será la incidencia de insertar 2 lámina de HDPE en la resistencia a la flexión de la madera Cachimbo? PE3: ¿Cuál será la incidencia de insertar 3 lámina de HDPE en la	Objetivos específicos OE1: Determinar la incidencia de insertar 1 lámina de HDPE en la resistencia a la flexión de la madera Cachimbo. OE2: Determinar la incidencia de insertar 2 láminas de HDPE en la resistencia a la flexión de la madera Cachimbo. OE3: Determinar la incidencia de insertar 3 láminas de HDPE en la	Hipótesis específica HE1: Insertar 1 lámina de HDPE tiene una incidencia significativa en la resistencia a la flexión de la madera Cachimbo. HE2: Insertar 2 lámina de HDPE tiene una incidencia significativa en la resistencia a la flexión de la madera Cachimbo. HE3: Insertar 3 lámina de HDPE tiene una incidencia significativa en la	Técnica de investigación: Observación directa Instrumentos: Fichas de campo y ficha de laboratorio. Población: En la investigación la población estará conformada por 40 probetas Muestra:

resistencia a la flexión de la madera Cachimbo?	resistencia a la flexión de la madera Cachimbo.	resistencia a la flexión de la madera Cachimbo. Variables Variable dependiente Resistencia a la flexión en madera Variable independiente Láminas de HDPE	La muestra tomada es la no probabilística.
--	--	---	---

ANEXO 2

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

PyS

EQUIPOS

Comercialización de Equipos
Para Laboratorio - Ingeniería Civil
Suelos - Asfaltos - Concreto

CERTIFICADO DE CALIDAD

El equipo identificado en el presente documento ha sido inspeccionado, y revisado de acuerdo con procedimientos estándar, se establece y se encuentra que está dentro de las tolerancias prescritas.

NOMBRE DEL PRODUCTO: PRENSA DE CONCRETO.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO: La máquina de prueba de compresión hidráulica se utiliza para la prueba de compresión de hormigón y otros materiales de construcción, carga manual, visualización digital del valor de la presión y la relación de carga.

CARACTERÍSTICAS:

Carga manual, Cubierta protectora

Capacidad de carga máxima: 2000 kN

Espacio de compresión: 360 mm

Carrera del pistón: 120 mm

Tamaño de las placas de compresión superiores: 300 mm

Tamaño de las placas de compresión inferiores: 300 mm

Dimensión (marco de carga: 900×400×1250 mm

Energía: 220V, 50Hz /60Hz, 1.3kW

MODELO: STYE-2000

SERIE: 221165

FECHA: 22/03/2024


Aprobado: Amed Castillo
Control de Calidad



Tel: +51 522 0723
Cel: 945 183 033
945 181 317 / 970 055 989



ventas@pys.pe
apozo@pys.pe
www.pys.pe



Calle 4, Mz. F1 Lt. 5
Urb. Virgen del Rosario - Lima 31





TACS
LABORATORIO DE TOPOGRAFIA, ASFALTO, CONCRETO Y SUELOS

ENSAYO:	MADERA. MÉTODO PARA DETERMINAR LA FLEXIÓN ESTÁTICA
NORMA:	NTP- 251.017 - 2004
PROYECTO:	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE LA MADERA CACHIMBO (CARINIANA DECANDRA) CON INSERCIÓN DE LÁMINAS DE HDPE, HUÁNUCO - 2024
SOLICITA:	HERNAN MANCETO, CONDEZO NARVAJA
FECHA:	AGOSTO 2024
EQUIPO:	PRESA DIGITAL STYE 2000

MUESTRA	NUMERO DE LAMINAS HDPE	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	(días)	ESPECÍMENES			CARGA MÁXIMA (KN)	CARGA MÁXIMA (Kg)	MOR(kg/cm ²)
					(L) cm	(a) cm	(e) cm			
M-1	PATRON	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	9.55 KN	973.81 kg	888.12 kg/cm ²
M-2	PATRON	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	8.14 KN	830.04 kg	756.99 kg/cm ²
M-3	PATRON	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	9.14 KN	932.01 kg	849.99 kg/cm ²
M-4	PATRON	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	9.95 KN	1,014.60 kg	925.32 kg/cm ²
M-5	PATRON	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	8.25 KN	841.25 kg	767.22 kg/cm ²
M-6	PATRON	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	8.35 KN	851.45 kg	776.52 kg/cm ²
M-7	PATRON	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	8.45 KN	861.65 kg	785.82 kg/cm ²
M-8	PATRON	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	9.32 KN	950.36 kg	866.73 kg/cm ²
M-9	PATRON	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	8.69 KN	886.12 kg	808.14 kg/cm ²
M-10	PATRON	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	8.79 KN	896.32 kg	817.44 kg/cm ²

PROMEDIO	8.86 KN	903.76 kg	824.23 kg/cm ²
----------	---------	-----------	---------------------------

$$MOR = \frac{3PL}{2ae^2}$$

En donde:

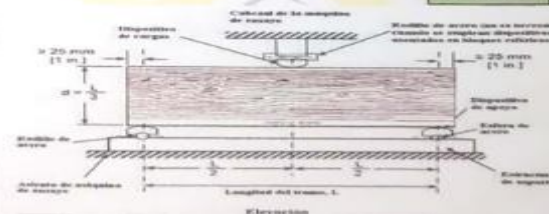
Mor: Es el módulo de rotura, en kg/cm²

P: Es la carga máxima de rotura en kg

L: distancia entre los soportes, luz de la probeta (cm).

a: ancho de la probeta (cm)

h: espesor de la probeta (cm)



Dir. Av. Alfonso Ugarte N° 111

Tel. 953246654



Jorge Ronald Arbe Castillo
INGENIERO CIVIL
Reg CIP N° 201196



TECNIC. LABORATORISTA DE TOPOGRAFIA,
ASFALTO, CONCRETO Y PAVIMENTOS
AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL

Página 1 | 4



ENSAYO:	MADERA. MÉTODO PARA DETERMINAR LA FLEXIÓN ESTÁTICA
NORMA:	NTP- 251.017 - 2004
PROYECTO:	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE LA MADERA CACHIMBO (CARINIANA DECANDRA) CON INSERCIÓN DE LÁMINAS DE HDPE, HUÁNUCO - 2024
SOLICITA:	HERNAN MANCETO, CONDEZO NARVAJA
FECHA:	AGOSTO 2024
EQUIPO:	PRENSA DIGITAL STYE 2000

MUESTRA	NUMERO DE LAMINAS HDPE	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	(días)	ESPECÍMENES			CARGA MÁXIMA (KN)	CARGA MÁXIMA (Kg)	MOR(kg/cm ²)
					(L) cm	(a) cm	(e) cm			
M-1	1	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	9.88 KN	1,007.46 kg	918.81 kg/cm ²
M-2	1	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	10.02 KN	1,021.74 kg	931.83 kg/cm ²
M-3	1	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	9.91 KN	1,010.52 kg	921.60 kg/cm ²
M-4	1	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	10.10 KN	1,029.90 kg	939.27 kg/cm ²
M-5	1	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	10.05 KN	1,024.80 kg	934.62 kg/cm ²
M-6	1	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	9.90 KN	1,009.50 kg	920.67 kg/cm ²
M-7	1	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	9.97 KN	1,016.64 kg	927.18 kg/cm ²
M-8	1	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	10.12 KN	1,031.94 kg	941.13 kg/cm ²
M-9	1	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	10.09 KN	1,028.88 kg	938.34 kg/cm ²
M-10	1	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	9.94 KN	1,013.58 kg	924.39 kg/cm ²
PROMEDIO								10.00 KN	1019.50 kg	929.78 kg/cm²

$$MOR = \frac{3Pl}{2ae^2}$$

En donde:

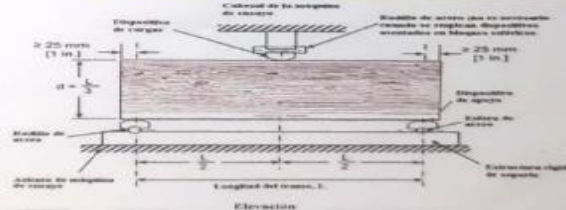
Mor: Es el módulo de rotura, en kg/cm²

P: Es la carga máxima de rotura en kg

L: distancia entre los soportes, luz de la probeta (cm).

a: ancho de la probeta (cm)

h: espesor de la probeta (cm)



Dir. Av. Alfonso Ugarte N° 111

Tel. 953246654



Jorge Ronald Arbe Castillo
INGENIERO CIVIL
Reg CIP N° 201196



TEL. LABORATORISTA DE TOPOGRAFÍA,
ASFALTO, CONCRETO Y PAVIMENTOS
AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL

Página 2 | 4



TACS
LABORATORIO DE TOPOGRAFÍA, ASFALTO, CONCRETO Y SUELOS

ENSAYO:	MADERA. MÉTODO PARA DETERMINAR LA FLEXIÓN ESTÁTICA
NORMA:	NTP- 251.017 - 2004
PROYECTO:	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE LA MADERA CACHIMBO (CARINIANA DECANDRA) CON INSERCIÓN DE LÁMINAS DE HDPE, HUÁNUCO - 2024
SOLICITA:	HERNAN MANCETO, CONDEZO NARVAJA
FECHA:	AGOSTO 2024
EQUIPO:	PRENSA DIGITAL STYE 2000

MUESTRA	NUMERO DE LAMINAS HDPE	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	(días)	ESPECÍMENES			CARGA MÁXIMA (KN)	CARGA MÁXIMA (Kg)	MOR(kg/cm ²)
					(L) cm	(a) cm	(e) cm			
M-1	2	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	10.55 KN	1,075.78 kg	981.11 kg/cm ²
M-2	2	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	10.21 KN	1,041.11 kg	949.50 kg/cm ²
M-3	2	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	10.34 KN	1,054.37 kg	961.59 kg/cm ²
M-4	2	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	10.41 KN	1,061.51 kg	968.10 kg/cm ²
M-5	2	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	10.51 KN	1,071.70 kg	977.38 kg/cm ²
M-6	2	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	10.28 KN	1,048.25 kg	956.01 kg/cm ²
M-7	2	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	10.49 KN	1,069.67 kg	975.53 kg/cm ²
M-8	2	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	10.54 KN	1,074.76 kg	980.18 kg/cm ²
M-9	2	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	10.27 KN	1,047.23 kg	955.08 kg/cm ²
M-10	2	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	10.35 KN	1,055.39 kg	962.52 kg/cm ²

PROMEDIO	10.40 KN	1059.98 kg	966.70 kg/cm ²
----------	----------	------------	---------------------------

$$MOR = \frac{3PL}{2ae}$$

En donde:

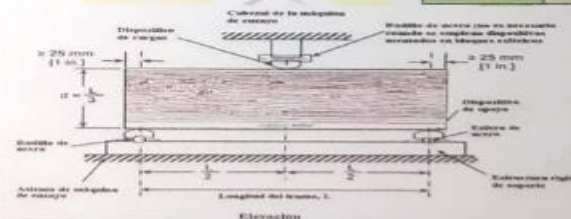
Mor: Es el módulo de rotura, en kg/cm²

P: Es la carga máxima de rotura en kg

L: distancia entre los soportes, luz de la probeta (cm).

a: ancho de la probeta (cm)

h: espesor de la probeta (cm)



Dir. Av. Alfonso Ugarte N° 111
Tel. 953246654



Jorge Ronaldo Arbe Castillo
INGENIERO CIVIL
Reg CIP N° 201196



LABORATORIO DE TOPOGRAFÍA,
ASFALTO, CONCRETO Y PAQUETES
AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL

Página 3 | 4



ENSAYO:	MADERA. MÉTODO PARA DETERMINAR LA FLEXIÓN ESTÁTICA
NORMA:	NTP- 251.017 - 2004
PROYECTO:	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE LA MADERA CACHIMBO (CARINIANA DECANDRA) CON INSERCIÓN DE LÁMINAS DE HDPE, HUÁNUCO - 2024
SOLICITA:	HERNAN MANCETO, CONDEZO NARVAJA
FECHA:	AGOSTO 2024
EQUIPO:	PRENSA DIGITAL STYE 2000

MUESTRA	NUMERO DE LAMINAS HDPE	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	(días)	ESPECÍMENES			CARGA MÁXIMA (KN)	CARGA MÁXIMA (Kg)	MOR(kg/cm ²)
					(L) cm	(a) cm	(e) cm			
M-1	3	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	11.15 KN	1,136.97 kg	1036.91 kg/cm ²
M-2	3	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	10.89 KN	1,110.45 kg	1012.73 kg/cm ²
M-3	3	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	10.77 KN	1,098.22 kg	1001.57 kg/cm ²
M-4	3	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	11.08 KN	1,129.83 kg	1030.40 kg/cm ²
M-5	3	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	11.11 KN	1,132.89 kg	1033.19 kg/cm ²
M-6	3	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	10.97 KN	1,118.61 kg	1020.17 kg/cm ²
M-7	3	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	10.87 KN	1,108.41 kg	1010.87 kg/cm ²
M-8	3	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	10.91 KN	1,112.49 kg	1014.59 kg/cm ²
M-9	3	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	11.02 KN	1,123.71 kg	1024.82 kg/cm ²
M-10	3	11/07/2024	07/08/2024	27 días	76 cm	5 cm	5 cm	10.80 KN	1,101.28 kg	1004.36 kg/cm ²

PROMEDIO	10.96 KN	1117.29 kg	1018.96 kg/cm ²
----------	----------	------------	----------------------------

$$MOR = \frac{3PL}{2ae^2}$$

En donde:

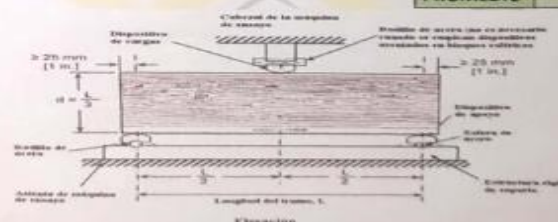
Mor: Es el módulo de rotura, en kg/cm²

P: Es la carga máxima de rotura en kg

L: distancia entre los soportes, luz de la probeta (cm).

a: ancho de la probeta (cm)

h: espesor de la probeta (cm)



Dir. Av. Alfonso Ugarte N° 111

Tel. 953246654



Jorge Ronald Arbe Castillo
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 201196



LABORATORIO DE TOPOGRAFIA
ASFALTO, CONCRETO Y PAVIMENTOS
AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL

Página 4 | 4

PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

