



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE CARRERA DE ARQUITECTURA
TRABAJO DE TITULACIÓN**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
ARQUITECTO**

TEMA

**PLACA PARA PARED A BASE DE HOJAS SECAS COMO
MATERIAL RENOVABLE, PARA VIVIENDAS DE CLASE MEDIA**

TUTOR

PH.D GABRIELA CATHERINE VEGA GUIRACOCHA

AUTOR

GABRIEL FRANCISCO PAULA CHOMPOL

GUAYAQUIL

2024

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

Placa para pared a base de hojas secas como material renovable, para viviendas de clase media

AUTOR:

Paula Chompol Gabriel
Francisco

TUTOR:

Ph.D Gabriela Catherine Vega Guiracocha

INSTITUCIÓN:

Universidad Laica Vicente
Rocafuerte de Guayaquil

Grado obtenido:

Arquitecto

FACULTAD:

Ingeniería, Industria y
Construcción

CARRERA:

Arquitectura

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2024

N. DE PÁGS:

79

ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción

PALABRAS CLAVE: Medio ambiente, Resina, reciclaje, economía verde e innovación

RESUMEN:

Este trabajo presenta la elaboración de una placa sostenible para interiores de viviendas, utilizando hojas de mango y resina poliéster como materia prima. Se definió un proceso de caracterización del material que incluyó la creación de once prototipos con distintas dosificaciones. Estos prototipos se sometieron a pruebas físicas y mecánicas, siguiendo recomendaciones de investigaciones anteriores y normas establecidas. Los resultados mostraron propiedades favorables, con bajos porcentajes de absorción de humedad y una resistencia media comparable a la de los tableros de partículas de densidad media (MDP) no estructurales. Esto

resulta en una placa que contribuye al medio ambiente mediante el uso de materiales ecoamigables, proporcionando viviendas térmicamente confortables.

N. DE REGISTRO (en base de datos):

N. DE CLASIFICACIÓN:

DIRECCIÓN URL (Web):

ADJUNTO PDF:

SI

NO

CONTACTO CON AUTOR/ES:

Paula Chompol Gabriel
Francisco

Teléfono:

099 550 2533

E-mail:

gpaulac@ulvr.edu.ec

CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:

Ph.D Marcial Calero Amores

Teléfono: (04) 259 6500 **Ext.** 241

E-mail: mcaleroa@ulvr.edu.ec

Título. Mgrt. Milton Andrade Laborde

Teléfono: 04 259 6500 **Ext.** 139

E-mail: mandradel@ulvr.edu.ec

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Trabajo Final

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%	5%	1%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	esp.sika.com Fuente de Internet	2%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	www.unep.org Fuente de Internet	<1%
4	www.ugr.es Fuente de Internet	<1%
5	Submitted to pontificiabolivariana Trabajo del estudiante	<1%
6	Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD Trabajo del estudiante	<1%
7	Submitted to COPECE Trabajo del estudiante	<1%
8	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	<1%

9	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
10	fdocuments.mx Fuente de Internet	<1 %
11	rraae.cedia.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
12	Erich David Rodríguez Martínez. "EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE MATERIALES BASADOS EN SÍLICE SOBRE LAS PROPIEDADES DE MATRICES DE CEMENTO PÓRTLAND Y ACTIVADAS ALCALINAMENTE", Universitat Politecnica de Valencia, 2012 Publicación	<1 %
13	www.sapiensman.com Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad Peruana de Las Americas Trabajo del estudiante	<1 %
15	chl.sika.com Fuente de Internet	<1 %
16	revistascientificas.us.es Fuente de Internet	<1 %
17	www.proexport.org Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.esan.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

<1 %

19 www.coitand.com
Fuente de Internet

<1 %

20 www.jordibadia.com
Fuente de Internet

<1 %

21 www.ips.or.cr
Fuente de Internet

<1 %

22 ucanr.edu
Fuente de Internet

<1 %

23 www.bfgarchitecture.com
Fuente de Internet

<1 %



El modo electrónico con:
GABRIELA CATHERINE
VEGA GUIRACOCHA

Excluir citas Activo

Excluir coincidencias < 3 words

Excluir bibliografía Activo

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El estudiante egresado GABRIEL PAULA CHOMPOL, declara bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, Placa para pared a base de hojas secas como material renovable, para viviendas de clase media, corresponde totalmente a él suscrito y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor

Firma:



GABRIEL PAULA CHOMPOL

C.I. 0940622210

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación Placa para pared a base de hojas secas como material renovable, para viviendas de clase media, designado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: Placa para pared a base de hojas secas como material renovable, para viviendas de clase media, presentado por el estudiante GABRIEL PAULA CHOMPOL como requisito previo, para optar al Título de ARQUITECTO, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:  firmado electrónicamente por:
GABRIELA CATHERINE
VEGA GUIRACOCHA

Ph.D Gabriela Catherine Vega Guiracochoa

C.C. 0924347495

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme permitido culminar esta etapa académica, logrando uno de los principales objetivos personales que me había propuesto. En segundo lugar, agradezco a mi familia, que ha sido un pilar fundamental en esta y en todas las etapas de mi vida, contribuyendo al éxito en este proceso.

También quiero expresar mi gratitud a todas las personas, tanto en el ámbito laboral como en el educativo, que de manera directa o indirecta aportaron a la culminación de mi proceso académico en la universidad.

DEDICATORIA

Dedico este presente trabajo, en primer lugar, a Dios por permitirme alcanzar una meta más en mi vida. También lo dedico a mi familia y a mis hijas, quienes son la inspiración que me mantiene y me impulsa a seguir adelante cada día. Y, de manera especial, dedico este logro a la persona que me guía desde el cielo; para ti también va este triunfo que he alcanzado.

RESUMEN

Medio ambiente, Resina, reciclaje, economía verde e innovación

Este trabajo presenta la elaboración de una placa sostenible para interiores de viviendas, utilizando hojas de mango y resina poliéster como materia prima. Se definió un proceso de caracterización del material que incluyó la creación de once prototipos con distintas dosificaciones. Estos prototipos se sometieron a pruebas físicas y mecánicas, siguiendo recomendaciones de investigaciones anteriores y normas establecidas. Los resultados mostraron propiedades favorables, con bajos porcentajes de absorción de humedad y una resistencia media comparable a la de los tableros de partículas de densidad media (MDP) no estructurales. Esto resulta en una placa que contribuye al medio ambiente mediante el uso de materiales ecoamigables, proporcionando viviendas térmicamente confortables.

ABSTRACT

Environment, Resin, Recycling, Green Economy and Innovation

This work presents the development of a sustainable board for home interiors, using mango leaves and polyester resin as raw material. A material characterization process was defined that included the creation of eleven prototypes with different dosages. These prototypes were subjected to physical and mechanical tests, following recommendations from previous research and established standards. The results showed favorable properties, with low percentages of moisture absorption and an average resistance comparable to that of non-structural medium density particle boards (MDP). This results in a board that contributes to the environment through the use of eco-friendly materials, providing thermally comfortable homes.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

CAPÍTULO I	2
1.1 Tema:.....	2
1.2 Planteamiento del Problema:.....	2
1.3 Formulación del Problema:	3
1.4 Objetivo General.....	4
1.5 Objetivos Específicos.....	4
1.6 Idea a Defender	4
CAPÍTULO II	5
MARCO REFERENCIAL	5
Marco Referencial.....	16
2.2 Marco Legal:.....	31
CAPÍTULO III	33
MARCO METODOLÓGICO	33
3.1 Enfoque de la investigación	33
3.2 Alcance de la investigación	33
3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos.....	34
3.4 Población y muestra	34
CAPÍTULO IV	35
4.1 Presentación y análisis de resultados	35
4.2 Proceso de elaboración del prototipo	35
4.3 Descripción de la elaboración de los prototipos.....	37
4.4 Elaboración de los prototipos	38
Caracterización de los prototipos	44
Absorción de humedad.....	44
Ensayo a la flexión.....	45
Ensayo a la compresión	47
Presupuesto del material.....	48
Aplicación en una sala de una vivienda	48
Plantas arquitectónicas.....	51
Corte	52
Fachadas	53
Detalle constructivo de ensamble de la placa	55

Renders	57
CONCLUSIONES.....	59
RECOMENDACIONES.....	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Dosificación del prototipo I	38
Tabla 2 Dosificación del prototipo II	39
Tabla 3 prototipo III	40
Tabla 4 prototipo IV.....	41
Tabla 5 prototipo V.....	42
Tabla 6 prototipo tipo.....	43
Tabla 7 ensayo a la flexión	45
Tabla 8 Comparación con tableros P3 y P4	46
Tabla 9 ensayo a la compresión.....	47
Tabla 10 Presupuesto del material.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mango de Manila	8
Figura 2 Descripción de la planta de mango	9
Figura 3 partes específicas del árbol de mango que se asociaban con polímeros.....	10
Figura 4 Diámetro de hojas de mango	12
Figura 5 Monómeros típicos utilizados como precursor de resinas epoxi.	14
Figura 6 Piezas arqueológicas de cerámica.....	16
Figura 7 Muestras para las diferentes pruebas.....	18
Figura 8 Resultados de la observación SEM de: a) muestra 1A, b) muestra 1B, c) muestra 2, d) muestra 3.....	19
Figura 9 Muestras de compuestos epoxi rellenos de fibras naturales.	20
Figura 10 Imagen SEM de secciones transversales de materiales compuestos.....	21
Figura 11 Hoja de mango, Hojas secas de mango y Ceniza de hoja de mango.....	22
Figura 12 materias primas funcionales.....	24
Figura 13 Ensayo a la compresión.....	25
Figura 14 Residuos de hojas de teca/compuesto de poliuretano.	26

Figura 15 Proceso de material.....	27
Figura 16 Prototipo de panel.....	28
Figura 17 Prototipo terminado.....	29
Figura 18 Matriz I, II, III y IV probaron estos modelos para determinar sus propiedades físicas y mecánicas.....	30
Figura 19 Prototipos.....	31
Figura 20 Proceso de elaboración de prototipos	36
Figura 21 Prototipos.....	37
Figura 22 prototipo I.....	38
Figura 23 prototipo II.....	39
Figura 24 prototipo III.....	40
Figura 25 prototipo IV	41
Figura 26 prototipo 5.....	42
Figura 27 Prototipo vi.....	43
Figura 28 Prueba de humedad	44
Figura 29 Maquina de ensayo de compresión y flexión.....	45
Figura 30 Sikadur	48
Figura 31 Ubicación de vivienda.....	50
Figura 32 Planta arquitectónica	51
Figura 33 Corte.....	52
Figura 34 Fachada 1.....	53
Figura 35 Fachada 2.....	54
Figura 36 Fachada 3.....	55
Figura 37 Detalle constructivo de ensamble de placa.....	55
Figura 38 Aplicación de material es vivienda	57
Figura 39 Aplicación de placas decorativas en sala.....	58
Figura 40 Aplicación de material es vivienda	58

INTRODUCCIÓN

El área de edificación y construcción representa indudablemente la principal fuente de emisiones de gases que contribuyen al efecto invernadero, es responsable del 37% de las emisiones a nivel mundial. La producción y el uso de materiales como el cemento, el acero y el aluminio contribuyen considerablemente a la huella de carbono (ONU, 2023). Aunque la industria de la construcción consume más materias primas que cualquier otro sector industrial, la agricultura también produce una considerable cantidad de residuos, los cuales frecuentemente no se manejan de manera adecuada. Utilizar materiales basados en fibras vegetales en la construcción puede mitigar este problema y promover la sostenibilidad del sector, dado que son fácilmente reciclables y respetuosos con el medio ambiente. Las plantas desempeñan un papel crucial en la purificación del aire al retener diversas sustancias tóxicas en sus hojas. Sin embargo, quemar hojas secas libera estas sustancias de nuevo al ambiente, incluyendo contaminantes orgánicos persistentes como la dioxina y el furano, extremadamente peligrosos para la salud, especialmente la de los más pequeños. La elaboración de placas para paredes a partir de hojas secas como material renovable, destinado a viviendas de clase media, se centra en gestionar eficientemente las hojas de los árboles para crear un producto que beneficie al medio ambiente y fomente la economía circular. Este enfoque no solo contribuye a la reducción de residuos y la reutilización de recursos naturales, sino que también promueve la sostenibilidad y la innovación en la industria de la construcción.

En el primer capítulo se aborda el planteamiento del problema, los objetivos, la justificación y las hipótesis. En el capítulo dos se realizará una investigación del estado del arte, los modelos análogos y el marco legal aplicable al proyecto. El capítulo tres detalla la metodología, incluyendo los enfoques, alcances y tipos de muestras. Finalmente, en el capítulo cuatro se presentarán las propuestas, junto con los prototipos, su caracterización, así como las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

ENFOQUE DE LA PROPUESTA

1.1 Tema:

Placa para pared a base de hojas secas como material renovable, para viviendas de clase media.

1.2 Planteamiento del Problema:

El área de edificación y construcción representa indudablemente la principal fuente de emisiones de gases que contribuyen al efecto invernadero, es responsable del 37% de las emisiones a nivel mundial. La producción y el uso de materiales como el cemento, el acero y el aluminio contribuyen considerablemente a la huella de carbono (ONU, 2023). Aunque la industria de la construcción consume más materias primas que cualquier otro sector industrial, la agricultura también produce una considerable cantidad de residuos, los cuales frecuentemente no se manejan de manera adecuada. Utilizar materiales basados en fibras vegetales en la construcción puede mitigar este problema y promover la sostenibilidad del sector, dado que son fácilmente reciclables y respetuosos con el medio ambiente. La valorización de residuos agrícolas también fortalecerá las políticas medioambientales. (Ferrandez-Garcia et al., 2021).

Las plantas juegan un papel fundamental en la purificación del aire al retener diversas sustancias tóxicas en sus hojas. Sin embargo, quemar hojas secas libera estas sustancias de nuevo al ambiente, incluyendo contaminantes orgánicos persistentes como la dioxina y el furano, extremadamente peligrosos para la salud, especialmente la de los niños. Este proceso no solo contamina el medio ambiente, sino que también afecta negativamente la salud al generar humo altamente tóxico que irrita el sistema respiratorio y la piel, causando daños severos en personas con enfermedades pulmonares. Además, aumenta el riesgo de incendios con graves consecuencias (Qi, 2023). La escasez de recursos naturales y la urgencia de gestionar los residuos de manera sostenible en las ciudades han impulsado el desarrollo de tecnologías para el reciclaje y la fabricación de nuevos productos (Brito et al., 2020). Las fibras foliares son un tipo de fibras lignocelulósicas largas y

multicelulares que se extraen de plantas y suelen estar dispuestas en forma de hojas. Aunque las hojas pueden variar en apariencia y función, aquellas adecuadas para la producción de fibra tienden a ser cortas y largas, con estructuras que se pueden separar mecánicamente con relativa facilidad. Las hojas de diversas plantas lignocelulósicas comúnmente utilizadas como refuerzo en materiales compuestos poliméricos incluyen las de sisal, agave, plátano, piña, abacá y fibra de palmera datilera (Kumar et al., 2021).

La transición mundial hacia una economía biológica, con el objetivo de disminuir la huella de carbono, ha dado lugar a la creación de nuevos productos eco-sostenibles hechos de fibra celulósica en la industria de la construcción, como alternativa a la economía basada en el petróleo (Uppal et al., 2022). Los compuestos con matriz polimérica tienen un papel único en las aplicaciones de ingeniería, lo que ha impulsado una investigación constante debido a su importancia científica y tecnológica. Estos compuestos presentan una combinación atractiva de propiedades, como alta resistencia y tenacidad, gran resistencia al desgaste, mayor estabilidad a altas temperaturas y una alta relación resistencia-peso (Singh et al., 2022).

La elaboración de placas para paredes a partir de hojas secas como material renovable, destinado a viviendas de clase media, se centra en gestionar eficientemente las hojas de los árboles para crear un producto que beneficie al medio ambiente y fomente la economía circular. Este enfoque no solo contribuye a la reducción de residuos y la reutilización de recursos naturales, sino que también promueve la sostenibilidad y la innovación en el ámbito de la construcción. Además, al utilizar materiales renovables, se disminuye la dependencia de recursos no renovables y se potencia el desarrollo de soluciones ecológicas y económicas. La implementación de este proyecto podría abordar varios problemas clave, como la gestión de desechos orgánicos, la disminución de la huella de carbono en la construcción y la creación de materiales de construcción asequibles y sostenibles para la clase media.

1.3 Formulación del Problema:

¿Cómo podría ayudar la utilización de hojas secas en la manufactura de placas que se implementarán en viviendas de clase media?

1.4 Objetivo General

Desarrollar paneles para paredes a partir de hojas secas como material renovable, destinados a viviendas de clase media en la industria de la construcción.

1.5 Objetivos Específicos

- Evaluar las propiedades físicas y mecánicas de las placas de pared fabricados con hojas secas de mango.
- Analizar las especies de hojas secas de mango para la fabricación de las placas de pared.
- Comparar el costo de las placas de hojas secas de mango con otros materiales de construcción convencionales, evaluando su viabilidad económica.

1.6 Idea a Defender

La utilización de hojas secas en la manufactura de placas para viviendas puede ofrecer materiales con propiedades físicas adecuadas para la construcción, al tiempo que reduce la dependencia de recursos no renovables y promueve la sostenibilidad ambiental mediante la reutilización de recursos naturales locales.

1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.

Arquitectura y Urbanismo

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 Marco Teórico:

El sector de la edificación y construcción es, sin duda, la mayor fuente de emisiones de gases que intensifican el efecto invernadero, siendo responsable del 37% de las emisiones globales. La fabricación y el empleo de materiales como el cemento, el acero y el aluminio juegan un papel significativo en el incremento de la huella de carbono (ONU, 2023). Aunque la industria de la construcción utiliza más materias primas que cualquier otro sector industrial, la agricultura también genera una cantidad significativa de residuos, que a menudo no se gestionan de manera adecuada. Emplear materiales basados en fibras vegetales en la construcción puede ayudar a mitigar este problema y fomentar la sostenibilidad en el sector, ya que estos materiales son reciclables y amigables con el medio ambiente. Además, la valorización de los desechos agrícolas contribuirá al fortalecimiento de las políticas medioambientales (Ferrandez-Garcia et al., 2021).

El sector de la construcción moderno enfrenta numerosos desafíos debido al aumento de la población urbana y la reducción de los recursos naturales requeridos para la producción de materiales de construcción. Además, la creciente conciencia sobre el cambio climático está obligando a las empresas a reconsiderar sus estrategias y desarrollar materiales de construcción más sostenibles. Se han identificado varios tipos de desechos agrícolas como las cenizas de cáscara de arroz (RHA), las cenizas de bagazo de caña de azúcar (SCBA) y las cenizas de hojas de bambú (BLA), entre otros, como alternativas eficaces para el desarrollo de materiales de construcción sostenibles (Maraveas, 2020).

Las plantas desempeñan un papel crucial en la purificación del aire al retener diversas sustancias tóxicas en sus hojas. Sin embargo, quemar hojas secas libera estas sustancias de nuevo al ambiente, incluyendo contaminantes orgánicos persistentes como la dioxina y el furano, extremadamente peligrosos para la salud, especialmente la de los más pequeños. Este proceso no solo contamina el medio ambiente, sino que también afecta negativamente la salud al generar humo altamente tóxico que irrita el sistema respiratorio y la piel, causando daños severos en personas

con enfermedades pulmonares. Además, aumenta el riesgo de incendios con graves consecuencias (Qi, 2023) La escasez de recursos naturales y la necesidad de gestionar eficazmente estos recursos, los residuos de manera sostenible en las ciudades han impulsado el desarrollo de tecnologías para el reciclaje y la fabricación de nuevos productos (Brito et al., 2020). Las fibras foliares son un tipo de fibras lignocelulósicas largas y multicelulares que se extraen de plantas y suelen estar dispuestas en forma de hojas. Aunque las hojas pueden variar en apariencia y función, aquellas adecuadas para la producción de fibra tienden a ser cortas y largas, con estructuras que se pueden separar mecánicamente con relativa facilidad. Las hojas de diversas plantas lignocelulósicas comúnmente utilizadas como refuerzo en materiales compuestos poliméricos incluyen las de sisal, agave, plátano, piña, abacá y fibra de palmera datilera (Kumar et al., 2021).

En los últimos años, ha crecido la conciencia de los consumidores sobre los productos de fuentes renovables, impulsando el desarrollo de biocompuestos. Estos materiales, elaborados con fibras naturales como el yute, cáñamo y bambú, presentan ventajas como bajo costo, alta disponibilidad y menor impacto ambiental en comparación con los compuestos sintéticos. No obstante, en el campo biomédico, los biocompuestos deben cumplir estrictos requisitos de biocompatibilidad, como ser absorbidos por el cuerpo sin causar inflamación o rechazo. El uso de tratamientos químicos en las fibras naturales, como la alcalinización, ha mejorado sus propiedades mecánicas, como la resistencia a la tracción, flexión y al impacto, haciéndolos adecuados para diversas aplicaciones industriales y biomédicas, desde suturas y matrices de administración de fármacos hasta piezas de automóviles. Por ejemplo, el tratamiento con mercerización de las fibras de kenaf ha demostrado mejorar la resistencia de los compuestos híbridos, mientras que las mezclas de fibra de cáñamo y poliéster incrementan sus capacidades mecánicas. Las fibras naturales también presentan desafíos, como la incompatibilidad con polímeros hidrófobos, lo que reduce la adhesión interfacial y limita su rendimiento en ciertos usos. Sin embargo, al añadir biomoléculas especializadas, como nanopartículas o extractos de plantas, los biocompuestos mejoran su funcionalidad en aplicaciones médicas. Este estudio se enfoca en explorar el potencial de las fibras de tallo de hoja de flor primaria de cocotero (CF) y la fibra de vidrio corta (GF) para crear compuestos híbridos con mejores propiedades mecánicas y térmicas. A pesar de los avances, los

biocompuestos para la biomedicina aún están en etapas iniciales, requiriendo más investigación para optimizar sus capacidades y ampliar su uso (Mahalingam, 2024).

Los residuos agrícolas son biomásas generadas en grandes cantidades a nivel mundial, pero que se encuentran infrautilizadas o sin uso. La descomposición de estas biomásas produce grandes emisiones de CO₂, lo que contribuye de manera significativa al calentamiento global. La generación de energía a través de la combustión de estas biomásas también produce CO₂. La elaboración de materiales de carbono avanzados a partir del carbono presente en las biomásas no solo disminuye las emisiones de CO₂, sino que también aumenta los ingresos de los agricultores. Recientemente, los residuos agrícolas se han empleado para producir aerogeles y espumas de carbono, los cuales tienen aplicaciones en la separación de agua y aceite, el aislamiento térmico a altas temperaturas, materiales ablativos, estructuras ligeras resistentes al fuego, absorción acústica y protección contra interferencias electromagnéticas (Raji et al., 2023).

Las hojas son órganos vitales de las plantas encargados de la fotosíntesis, el proceso que proporciona los nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. La función fotosintética de las hojas ha despertado un gran interés e inspirado numerosos esfuerzos de investigación para imitar este proceso. La importancia de las hojas de las plantas se deduce de la discusión anterior. Sin embargo, el entorno natural presenta numerosos desafíos para las hojas, como la exposición al viento, heladas, lluvia, nieve, calor, frío, plagas y enfermedades. Estas tensiones ambientales pueden ser amenazas significativas para la salud y vitalidad de las plantas. Como respuesta, las hojas han desarrollado una función de resistencia a estas tensiones, lograda a través de la evolución de estructuras adaptativas.

La transición mundial hacia una economía biológica, con el objetivo de disminuir la huella de carbono, ha dado lugar a la creación de nuevos productos eco-sostenibles hechos de fibra celulósica en la industria de la construcción, como alternativa a la economía basada en el petróleo (Uppal et al., 2022). Los compuestos con matriz polimérica tienen un papel único en las aplicaciones de ingeniería, lo que ha impulsado una investigación constante debido a su importancia científica y tecnológica. Estos compuestos presentan una combinación atractiva de propiedades,

como alta resistencia y tenacidad, gran resistencia al desgaste, mayor estabilidad a altas temperaturas y una alta relación resistencia-peso (Singh et al., 2022).

Los árboles de mango, cuando se cultivan a partir de semillas, se conocen como "plántulas" y presentan un tronco largo y recto, con una ramificación simpódica. En cambio, los árboles injertados son de menor tamaño y tienen ramas más extendidas. La forma del dosel del árbol también depende del espacio disponible para su desarrollo. Los árboles que crecen aislados y con suficiente espacio pueden tener una forma diferente a la de los que se cultivan en un huerto. Los árboles de semilla pueden vivir más de 100 años, mientras que los injertados suelen vivir menos de 80 años. Un ejemplo notable es un árbol en Chandigarh (India) con un tronco de 3.5 m de diámetro y ramas de 75 cm de diámetro. En Brasil, se ha registrado un árbol de semilla con una extensión de 125 pies y un perímetro de 25 pies. El mango es un árbol de tamaño medio a grande (10 a 40 m de altura), perenne, con un dosel simétrico y redondeado que puede ser denso y bajo o erguido y abierto. Su corteza es generalmente gris oscura a negra, bastante lisa, superficialmente agrietada o con fisuras poco notorias, y se desprende en piezas irregulares y gruesas. En Filipinas, los árboles de mango suelen alcanzar entre 15 y 18 m (50 a 60 pies) de altura y tienen una longevidad notable (FAO et al., 2002).

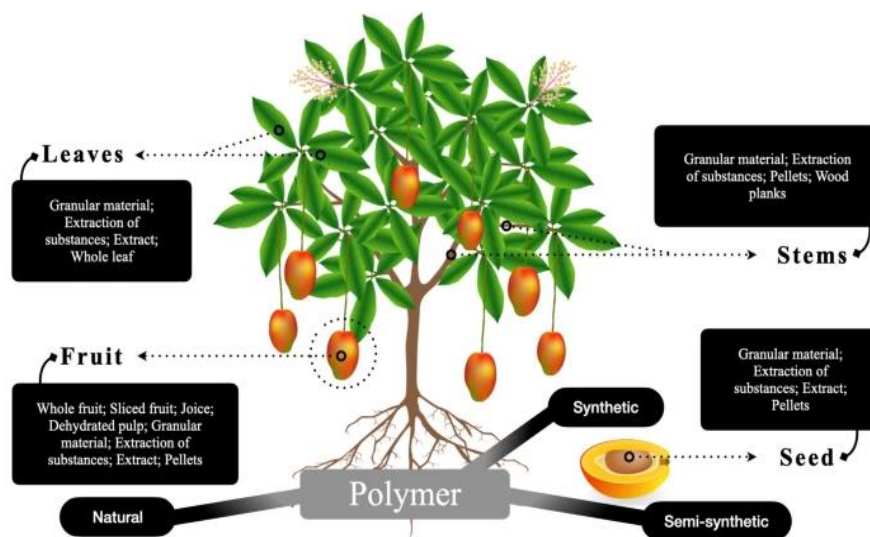
Figura 1
Mango de Manila



Fuente: FAO et al., (2002)

El mango (*Mangifera indica* L.) posee un gran potencial como materia prima en la ciencia de los polímeros, impactando en diversas aplicaciones. Los subproductos del mango pueden actuar como indicadores de la presencia de polímeros. Los diversos tejidos y componentes del mango tienen un considerable potencial para la extracción de polímeros, compuestos fenólicos, grasas y fibras dietéticas. Además, los desechos significativos generados durante la producción de mango, como las cáscaras, semillas, tallos y hojas, pueden ser utilizados para extraer polímeros de valor económico. Estos polímeros facilitan la adopción de prácticas sostenibles en diversas industrias, incluyendo el embalaje, el procesamiento de alimentos, los materiales biomédicos, la fabricación de madera y la producción de petróleo (Parente et al., 2023).

Figura 2
Descripción de la planta de mango



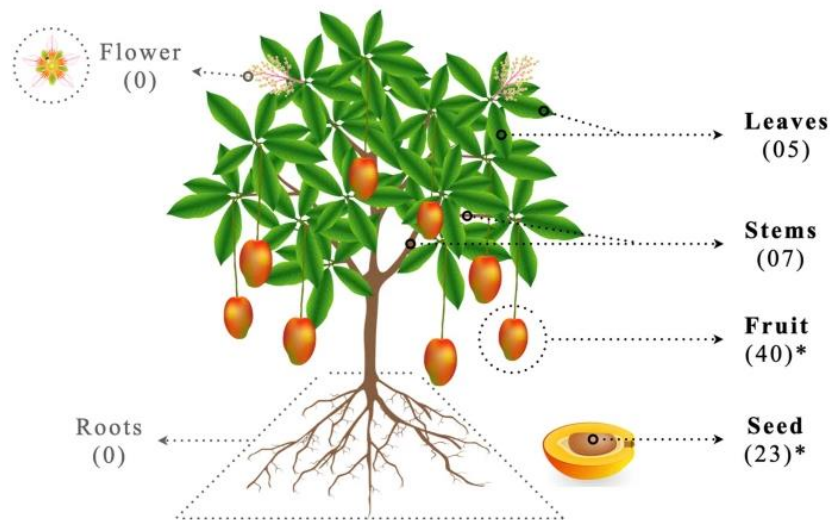
Fuente: Parente et al., (2023)

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el mango, la guayaba y el mangostán se agrupan en la misma categoría de frutas, alcanzando una producción mundial promedio de 54.8 millones de toneladas. No obstante, el mango por sí solo constituye cerca del 75% de esta producción total (FAO, 2022).

En los estudios revisados, se detallaron las partes específicas del árbol de mango que se asociaban con polímeros. Exceptuando un estudio que involucró dos partes de la planta de mango (fruto y semilla), todos los demás se centraron en una

sola parte del mango. El fruto fue la parte más utilizada, representando el 53.33% de los casos, seguido de la semilla con el 30.66%, el tallo con el 9.33% y la hoja con el 6.66%. No se encontraron estudios que emplearan flores o raíces de mango, como se ilustra en la figura (Parente et al., 2023).

Figura 3
partes específicas del árbol de mango que se asociaban con polímeros



Fuente: Parente et al., (2023)

Los esfuerzos se han enfocado en extraer eficientemente componentes de los subproductos del mango, como semillas, tallos y hojas, para la producción de polímeros como almidón, lignina, hemicelulosa, microcelulosa y nanocristales de celulosa. Las semillas proporcionan nanofibras de celulosa, los tallos ofrecen extractos fenólicos, y las hojas contienen compuestos relevantes. Estos polímeros desempeñan un papel crucial en la creación de sistemas con interacciones farmacológicamente activas. Además, los polímeros derivados del mango han encontrado aplicaciones exitosas en diversos sectores, incluyendo la producción de fluidos para perforación de petróleo y gas, así como en la recuperación avanzada de petróleo (Parente et al., 2023).

Las extensas plantaciones de mango responden a la alta demanda de sus frutos para diversos usos. Sin embargo, estas plantaciones generan grandes cantidades de hojas de mango como subproducto después de la cosecha, convirtiéndolas en un residuo agrícola significativo y poco rentable. Tradicionalmente, estas hojas se desechan mediante quema al aire libre, lo que contribuye a la contaminación del aire según Moodley y sus colegas (7). Se ha destacado que las

hojas de mango de la variedad Harum Manis son particularmente adecuadas para la producción de bioetanol debido a su alto contenido de celulosa (34,71%) y hemicelulosa (44,02%) en comparación con otras variedades como Chokanan y Sunshine. Esta composición lignocelulósica las convierte en un recurso valioso para la producción sostenible de biocombustibles. Después de la cosecha, las plantaciones de mango producen una cantidad significativa de hojas que no se utilizan, convirtiéndolas en un importante residuo agrícola. Estas hojas suelen ser desechadas mediante quema al aire libre, lo que puede resultar en contaminación del aire según se ha documentado (6). Moodley y sus colegas señalaron que aprovechar estas hojas como recurso para la fabricación de bioetanol, podría no solo impulsar la producción de este biocombustible, sino también reducir el desperdicio de biomasa (7). Se ha observado que las hojas de mango de la variedad Harum Manis son particularmente prometedoras para este propósito, debido a su alto contenido de celulosa (34,71%) y hemicelulosa (44,02%) en comparación con otras variedades como Chokanan y Sunshine. Esta composición las convierte en una biomasa lignocelulósica altamente adecuada para la conversión en bioetanol (Tarrsini et al., 2023).

Las hojas del mango son simples, sin estípulas, dispuestas de forma alterna y miden entre 15 y 45 cm de longitud (Figura 5: hojas del mango de Manila). El pecíolo varía en longitud de 1 a 12 cm, siempre hinchado en la base y con un surco en la parte superior. La organización de las hojas a lo largo del tallo (filotaxia) suele ser 3/8, pero como las hojas están muy juntas en las puntas, parecen estar verticiladas. Las hojas varían en forma, pudiendo ser oval-lanceoladas, lanceoladas, oblongas, lineal-oblongas, ovadas, obovada-lanceoladas o redondeadas-oblongas (Singh, 1960). El ápice de las hojas puede ser acuminado o casi redondeado, y el margen es generalmente entero, aunque a veces puede ser ligeramente ondulado y rara vez torcido o plegado. La longitud y el ancho de las hojas fluctúan entre 12 y 45 cm y 2 y 12 cm, respectivamente, según la variedad y las condiciones de crecimiento. Las venas secundarias son bastante prominentes y en algunas variedades varían de dieciocho a treinta pares. La superficie superior es brillante y de color verde oscuro, mientras que la inferior es glabra y de color verde claro. Las hojas emergen en brotes y son flácidas y colgantes cuando son jóvenes. El color de las hojas jóvenes varía según la variedad, siendo generalmente rojo-ante, rosado o amarillo-marrón. A medida que las hojas crecen, cambian de color de rojo-ante a verde, pasando por

varios tonos hasta volverse verde oscuro en la madurez. Las hojas tienen fibras y crujen cuando se aplastan. Emiten un fuerte olor a trementina (aunque algunas variedades no huelen). Las hojas contienen cantidades considerables de mangiferina (xantona) (FAO et al., 2002).

Figura 4
Diámetro de hojas de mango



Fuente: FAO et al., (2002)

Las resinas epoxi se emplean en una amplia gama de aplicaciones, que abarca revestimientos, adhesivos, compuestos para modelado, impregnantes, materiales de alto rendimiento, aislantes y envases para dispositivos electrónicos. Para alcanzar las características deseables, es crucial entender cómo la formación y el cambio de estado físico en la reacción de curado afectan la configuración de la red y las características físicas del producto final. No obstante, esto presenta desafíos debido a la resistencia de las resinas epoxi a altas temperaturas y su insolubilidad en disolventes orgánicos, lo que dificulta el proceso de análisis y modificación. En 1907, Leo Baekeland desarrolló la baquelita, la primera resina termoendurecible, a partir de una síntesis de fenol y formaldehído, marcando un hito en la creación de polímeros de este tipo. Los termoestables se forman típicamente a partir de una mezcla líquida de monómeros multifuncionales que pueden reaccionar entre sí para formar una estructura tridimensional reticulada. Esta característica ofrece ventajas sobre los termoplásticos, ya que los precursores pueden tener una viscosidad baja, facilitando su procesamiento en técnicas como la inyección y moldeo. Las resinas epoxi, derivadas de precursores con grupos oxirano o epoxi, representan una de las categorías más versátiles de termoestables y fueron descubiertas en 1939 por

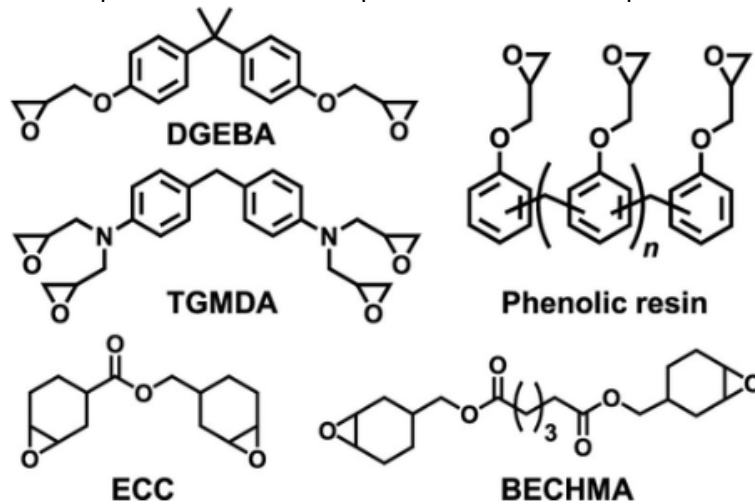
Prileschajew. Estas resinas se destacan por sus excepcionales propiedades térmicas y mecánicas, lo que las ha llevado a ser ampliamente utilizadas en sectores como la industria química, automotriz, aeroespacial, civil, entre otros. La producción de resinas epoxi comúnmente implica reacciones químicas entre compuestos epoxi y agentes de curado, aprovechando la alta reactividad de los grupos epoxi con diversos grupos funcionales, lo cual ha atraído considerable interés y estudio en el ámbito de la química y la ingeniería química. Las resinas epoxi generalmente poseen una estructura vítrea y suelen encontrarse en estado vítreo a temperatura ambiente. La relajación mecánica asociada con la red tridimensional de resinas epoxi completamente curadas ha sido ampliamente investigada. Sin embargo, la caracterización directa de esta arquitectura de red presenta desafíos significativos debido a la incapacidad de las resinas epoxi para fundirse a altas temperaturas y su insolubilidad en disolventes orgánicos. Estas limitaciones son especialmente notorias en la interfaz "enterrada", donde las resinas epoxi interactúan con un sustrato sólido. Por lo tanto, se consideran las simulaciones de dinámica molecular (MD) a nivel atómico y de grano grueso como herramientas analíticas poderosas para abordar estos problemas (Shundo et al., 2022).

Clases de Resinas:

Las resinas abarcan una variedad de monómeros que contienen grupos epoxi, siendo denominadas "resinas epoxi" cuando tienen al menos dos de estos grupos después de la reacción de curado. Un ejemplo prominente es el éter diglicídico de bisfenol A (DGEBA), obtenido mediante la reacción del bisfenol A y la epíclorhidrina en presencia de hidróxido de sodio, extensamente empleado en la fabricación de resinas epoxi. Además de DGEBA, se emplean monómeros multifuncionales como N,N,N',N'-tetraglicidil-4,4'-metilendianilina (TGMDA), especialmente en aplicaciones aeroespaciales, debido a su capacidad para incrementar la densidad de reticulación. Los derivados poliglicídico de prepolímeros fenólicos también son destacados por sus altas temperaturas de transición vítrea (T_g) y resistencia a la degradación térmica. Por otro lado, las resinas cicloalifáticas, como el 3,4-epoxi-ciclohexanocarboxilato de 3,4-epoxi-ciclohexilmetilo (ECC) y el adipato de bis[3,4-epoxi-ciclohexilmetilo] (BECHMA), presentan baja tendencia a amarillear y son preferidas en aplicaciones

eléctricas y electrónicas debido a su baja viscosidad y propiedades dieléctricas (Shundo et al., 2022).

Figura 5
Monómeros típicos utilizados como precursor de resinas epoxi.



Fuente: Shundo et al., (2022)

Los materiales compuestos que utilizan resinas destacan por sus excelentes propiedades mecánicas, alta adhesión, resistencia específica elevada, estabilidad frente al calor y solventes, a la par que ofrecen una alternativa económica, siendo ampliamente empleados en aplicaciones de carga. En la actualidad, existe una creciente demanda por comprender las propiedades de los materiales naturales para satisfacer los requerimientos de ingeniería. En este contexto, el uso de compuestos epoxi que incorporan fibras naturales para aplicaciones estructurales ha ganado considerable atención en las últimas dos décadas. Las resinas epoxi se distinguen entre otras resinas termoendurecibles debido a una serie de propiedades únicas y altamente deseables: baja fluencia, excelente resistencia a la corrosión y a la intemperie, capacidad de operar a altas temperaturas, propiedades eléctricas adecuadas, baja contracción y una amplia disponibilidad en formas que van desde líquidos de baja viscosidad hasta sólidos de alta densidad. Además, requieren una presión mínima durante su procesamiento para la fabricación de productos. Estas resinas ofrecen la flexibilidad de ajustar sus propiedades físicas y mecánicas para obtener desde una flexibilidad extrema hasta una alta resistencia, dependiendo de las necesidades específicas de la aplicación. La versatilidad de la resina permite su utilización con una variedad de materiales, incluyendo vidrio, metal, madera y fibras naturales. Gracias a estas características excepcionales y valiosas propiedades, las

resinas son ampliamente empleadas en aplicaciones que incluyen compuestos de ingeniería, recubrimientos superficiales, adhesivos estructurales y laminados eléctricos (Khan Fazal et al., 2022).

Placas decoradas.

El estudio de las placas decoradas comenzó en el siglo XIX, aunque el conocimiento sobre ellas se remonta a los siglos XVI y XVII (De Avellaneda, 2011: 523). Este tipo de artefactos despertó el interés de numerosas figuras eruditas de la época, quienes empezaron a hacer mención de los descubrimientos de estos materiales en la región andaluza. En la década de 1980, se publicaron trabajos importantes como el de Marco Pous titulado "Los ladrillos cordobeses con la fórmula cristiana antigua 'Salvo Avsentio'" (1981) y el de Carmen Martín Gómez sobre "Placas decoradas de época paleocristiana y visigoda, con inscripción, del Museo Arqueológico de Sevilla" (1982). Estos estudios documentaron y catalogaron una parte significativa de estos materiales, recopilando y ampliando los enfoques anteriores en el campo. (Gómez, 2017).

La historia de estas placas cerámicas carece de detalles abundantes. Por el contrario, existen algunas menciones dispersas en diversos escritos a lo largo de distintas épocas, que, a diferencia de los registros arqueológicos, permiten extraer ciertas conclusiones de relevancia para el objetivo de este trabajo. Una de las fuentes más destacadas es una carta enviada en 1610 por Diego de Maraver, de Ronda, a Bernardo de Aldrete, canónigo de la Catedral de Córdoba y especialista en temas arqueológicos. (Castaño, 2018)

Las placas cerámicas decoradas de época tardoantigua son objetos relativamente conocidos y se encuentran fácilmente en museos y colecciones arqueológicas privadas. Sin embargo, hasta hace poco tiempo, recibían poca atención en los ámbitos científicos especializados. Representan una manifestación artística particular dentro del contexto hispano, específicamente en el sur de la península ibérica, con una notable concentración en las actuales provincias andaluzas de Sevilla Córdoba y Málaga Castaño, 2018).

Figura 6
Piezas arqueológicas de cerámica



Fuente: Sevilla Córdoba y Málaga Castaño, (2018)

Marco Referencial

Los polímeros reforzados con fibra (PRF) han ganado protagonismo en la sustitución de metales debido a sus propiedades superiores y su versatilidad en la fabricación. Estos materiales se componen de una matriz polimérica y fibras que mejoran sus propiedades mecánicas. Aunque los PRF ofrecen ventajas como una mayor resistencia, durabilidad y ligereza, su reciclaje plantea un desafío importante, especialmente en aquellos compuestos basados en polímeros termoendurecibles, que no son reciclables. Esto ha motivado investigaciones sobre técnicas de reciclaje y alternativas más sostenibles. Los PRF se utilizan ampliamente en sectores como la construcción, aeroespacial, defensa y automotriz, debido a su resistencia a la corrosión, fatiga y sus propiedades térmicas y eléctricas. Las fibras que refuerzan los PRF pueden ser sintéticas, como las de carbono o vidrio, o naturales, y actúan como el principal componente de soporte de carga, mientras que los polímeros protegen las fibras y permiten la transferencia de carga. Además, se han desarrollado aditivos especiales y nanomateriales para mejorar las propiedades de los PRF en aplicaciones críticas como el transporte y almacenamiento de hidrógeno. Sin embargo, uno de los grandes desafíos de los PRF termoendurecibles es su limitada capacidad de reciclaje, ya que estos materiales no pueden fundirse ni reutilizarse fácilmente debido a su estructura química reticulada. Aunque en el pasado la eliminación de estos

compuestos mediante vertido o incineración era común, las regulaciones ambientales actuales han promovido el desarrollo de nuevas técnicas de reciclaje mecánico, químico y térmico, así como la investigación en termoendurecibles reprocesables, como los vitrímeros. El reciclaje de PRF termoplásticos es más sencillo, ya que pueden ser fundidos y reutilizados, pero la mayoría de los compuestos de alto rendimiento están basados en termoendurecibles. Para solucionar este problema, se están desarrollando polímeros biodegradables y fibras naturales que puedan ser descompuestos al final de su vida útil, reduciendo así el impacto ambiental. Este artículo también aborda la importancia de la química de las materias primas y las técnicas de síntesis y extracción de las fibras y polímeros utilizados en los PRF, así como los métodos de fabricación avanzados como la impresión 3D y la colocación automatizada de fibras. Además, se examinan los avances en la caracterización microestructural de los PRF, que es crucial para entender su rendimiento y resistencia, junto con los métodos de modificación de superficies que mejoran la adhesión entre la fibra y el polímero. En términos de gestión de residuos, se discuten técnicas de reciclaje avanzadas, incluyendo la biodegradación y el uso de vitrímeros, que permiten que los polímeros termoendurecibles sean reprocesables, lo que abre nuevas posibilidades para la reutilización de estos materiales en aplicaciones industriales. Finalmente, el artículo concluye con una evaluación de las oportunidades futuras para los PRF, destacando la necesidad de seguir investigando en áreas como el reciclaje de termoendurecibles, el desarrollo de compuestos más sostenibles y la ampliación de sus aplicaciones en sectores críticos como el almacenamiento de energía y el transporte (De et al., 2024).

En este artículo se aborda la valorización de residuos agrícolas de la industria olivarera, específicamente las hojas de olivo, que constituyen una considerable cantidad de residuos post-poda. Se propone un método innovador para fabricar tableros ecológicos sin adhesivos mediante prensado en caliente. Se variaron tres variables clave en la fabricación (tipo de hoja, temperatura y tiempo), evaluando su impacto en las propiedades mecánicas, físicas y térmicas de los tableros. Los resultados mostraron que los tableros tienen buen desempeño en hinchamiento de espesor, absorción de agua y conductividad térmica, sugiriendo su uso como alternativa para tableros de aislamiento térmico. Además, se destacó la importancia del tamaño de partícula, el tiempo y la temperatura de prensado para mejorar el

comportamiento mecánico y la densidad de los tableros, aprovechando así un recurso renovable de bajo coste con beneficios ambientales significativos (Ferrandez-Garcia et al., 2021).

Figura 7
Muestras para las diferentes pruebas.



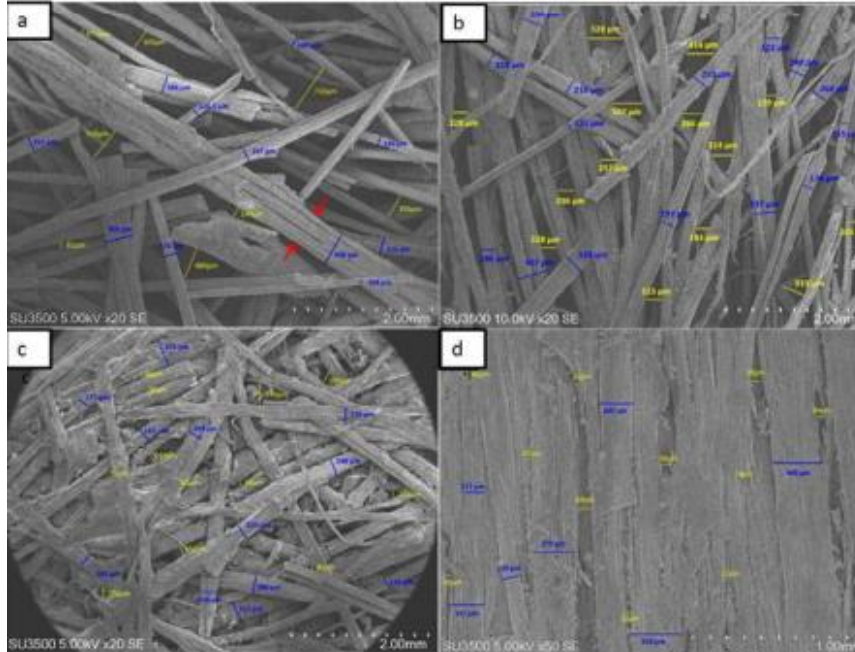
Fuente: Ferrández et al., (2021)

Las fibras porosas, como la espuma, lana de vidrio y lana de roca, se utilizan ampliamente como absorbentes de sonido debido a su eficacia en frecuencias medias y altas, aunque presentan problemas ambientales y de salud, además de tener una vida útil limitada. Para abordar estas preocupaciones, se han desarrollado materiales alternativos como fibras de poliéster reciclado y materiales basados en biomasa, así como caucho reciclado. Las fibras naturales también han sido exploradas por su capacidad de absorción sonora, destacándose fibras como el coco, palma, kenaf y otras que son biodegradables y respetuosas con el medio ambiente. Recientes investigaciones han enfocado en las fibras de hojas de piña, conocidas por sus buenas propiedades mecánicas y su abundancia como residuo agrícola. Este estudio desarrolla y evalúa paneles compuestos de fibra de hoja de piña y resina epoxi, considerando parámetros como la presión mecánica aplicada durante la fabricación. Los resultados muestran que estos paneles ofrecen un buen rendimiento de absorción sonora, especialmente en frecuencias medias y altas, con un modelo predictivo

basado en la formulación de Delany-Bazley que optimiza su desarrollo futuro (Adhika et al., 2020)

Figura 8

Resultados de la observación SEM de: a) muestra 1A, b) muestra 1B, c) muestra 2, d) muestra 3.



Fuente: Adhika et al., (2020)

Las fibras naturales se están utilizando como alternativas a las fibras sintéticas en compuestos poliméricos, especialmente en aplicaciones estructurales ligeras, debido a sus beneficios económicos, ambientales y sociales. Estos compuestos, que aprovechan materiales como las fibras de hojas de piña, napier y cáñamo, ofrecen excelentes propiedades mecánicas, térmicas y acústicas, además de ser más sostenibles. En el estudio, se investigaron las propiedades de resistencia al rayado de estos compuestos con diferentes porcentajes de fibra natural en resina epoxi, considerando factores como la carga horizontal, coeficiente de fricción, profundidad de penetración y tenacidad a la fractura. Los resultados mostraron que los compuestos de fibra de napier proporcionan la mayor resistencia al rayado, seguidos por los de cáñamo y hojas de piña. Además, un mayor porcentaje de relleno incrementa el coeficiente de fricción y la tenacidad a la fractura, sugiriendo que los compuestos de fibras naturales pueden ser una alternativa viable y ecológica a los materiales tradicionales en aplicaciones estructurales. Las propiedades mejoradas de los compuestos epoxis rellenos de fibras naturales, como la baja porosidad y la alta resistencia a la fractura, indican su potencial para reemplazar componentes no

renovables en diversas aplicaciones, promoviendo así un enfoque más sostenible y ambientalmente amigable en la industria de los materiales (Ridzuan et al., 2019).

Figura 9

Muestras de compuestos epoxi rellenos de fibras naturales.



(a) Filler form



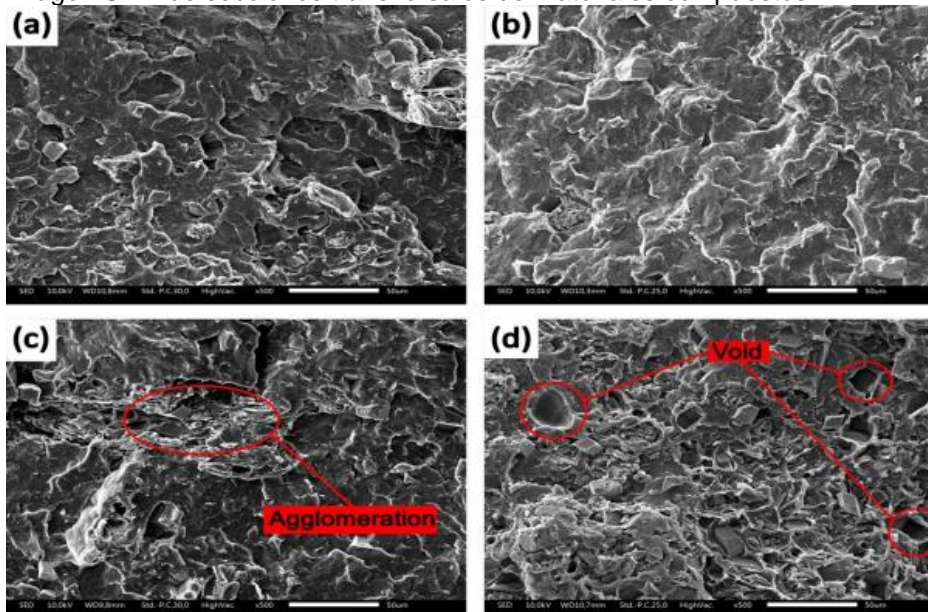
(b) Composites form

Fuente: Ridzuan et al., (2019)

En este estudio exhaustivo, se exploró el uso innovador de hojas de mango como material de carga en compuestos de polipropileno (PP/PML), especialmente diseñados para aplicaciones ecológicas y de un solo uso. Se realizaron investigaciones detalladas sobre cómo diferentes tamaños de partícula y concentraciones de hojas de mango en polvo afectan las propiedades clave de los compuestos, incluyendo su resistencia mecánica, propiedades físicas como la absorción de agua, y propiedades térmicas. Se observó que los compuestos con partículas más finas de hojas de mango exhibieron una dispersión más uniforme dentro de la matriz de PP, lo cual mejoró significativamente la adhesión interfacial y, en consecuencia, las propiedades mecánicas como la resistencia a la tracción y el módulo flexural. Aunque hubo una leve disminución en algunas propiedades mecánicas en comparación con el PP puro, los compuestos mostraron una ventaja en la absorción de agua debido a la naturaleza hidrofílica de la celulosa presente en las hojas de mango. Este estudio subraya el potencial de las hojas de mango como una alternativa viable y sostenible para reducir los desechos agrícolas y promover prácticas industriales más respetuosas con el medio ambiente (Satoto et al., 2022).

Figura 10

Imagen SEM de secciones transversales de materiales compuestos



Fuente: Satoto et al., (2022)

Las fibras vegetales están ganando popularidad en la construcción debido a su reducido impacto ambiental y su capacidad para funcionar como paneles higrortérmicos y acústicamente absorbentes. La alta capacidad de secuestro de carbono de estos materiales vegetales y su uso alternativo a la incineración contribuyen significativamente a la reducción de emisiones de CO₂. Este estudio investiga las propiedades higrortérmicas y acústicas de materiales de construcción hechos con fibras vegetales, específicamente paja y residuos de poda de olivo, combinados con aglutinantes de silicato de sodio para crear paneles aislantes de alto rendimiento. Las pruebas de laboratorio correlacionan las propiedades físicas y microestructurales, evaluando la conductividad térmica, difusividad térmica, isoterma de sorción, permeabilidad al vapor de agua, difusividad de humedad y capacidad de amortiguamiento de humedad. Además, se realizaron mediciones de absorción acústica y se compararon estos nuevos paneles con un material aislante comercial existente (EPS) mediante una simulación numérica con el software Wufi®. El estudio destaca cómo las fibras vegetales mejoran el rendimiento de los materiales de construcción, reduciendo la densidad y mejorando las propiedades de aislamiento térmico, mientras que las capas cerosas y la estructura tubular de la paja proporcionan resistencia mecánica y propiedades hidrofóbicas (Liuzzi et al., 2020).

En este estudio, se investigó el uso de ceniza de hojas de mango (MLA) como material pozolánico en cemento Portland ordinario (OPC), explorando su potencial para mejorar las propiedades del cemento y su impacto ambiental. La MLA se obtuvo a partir de hojas secas de mango quemadas y luego calcinadas en un horno, y se evaluó su habilidad para interactuar con el hidróxido de calcio y producir silicato de calcio hidratado (C-S-H). Los resultados mostraron que la actividad pozolánica de la MLA aumenta con el tiempo y que, al combinar un 20% de MLA con OPC, las características de hidratación eran muy similares a las del OPC puro. Además, la resistencia a compresión del OPC mezclado con 20% de MLA superó la del OPC puro después de 28 días de hidratación. Estudios complementarios, incluyendo análisis de la fase líquida y microscopía electrónica de barrido (SEM), respaldaron estos hallazgos al mostrar una disminución en la concentración de iones Ca^{2+} y la formación de C-S-H en el cemento mezclado, así como una reducción en el porcentaje de cal libre en el OPC mezclado. Estos resultados sugieren que la adición de MLA al OPC no solo mejora la calidad del cemento, incrementando su resistencia y propiedades mecánicas, sino que también tiene ventajas económicas al reducir los costos de producción de cemento. Además, la mezcla de MLA con OPC ayuda a conservar energía y reducir significativamente las emisiones de CO_2 , lo que contribuye a mitigar el efecto invernadero y la huella ambiental de la producción de cemento. Por lo tanto, el uso de MLA no solo se considera una opción efectiva para optimizar el rendimiento del cemento, sino que también ofrece una solución sostenible para la gestión de residuos agrícolas y la protección del medio ambiente (Kanhaya et al., 2023).

Figura 11

Hoja de mango, Hojas secas de mango y Ceniza de hoja de mango



Fuente: Kanhaya et al., (2023)

En el ámbito de la investigación tanto académica como industrial, ha surgido un marcado interés en las fibras naturales como refuerzo para polímeros, tanto en formas macro como micro. Este interés ha aumentado considerablemente en las últimas décadas, abarcando sectores industriales y académicos. Entre las fibras y plantas más utilizadas para reforzar la producción de compuestos se encuentran el lino, el cáñamo, la palma de aceite, el coco, el yute, el kenaf y el plátano. Los compuestos de fibras naturales presentan numerosas ventajas sobre los compuestos reforzados con fibras sintéticas, tales como el uso de materias primas renovables, costos más bajos, peso ligero y alta resistencia y rigidez específicas. Además, son considerados más respetuosos con el medio ambiente en comparación con los compuestos sintéticos. Estos compuestos pueden ser fabricados utilizando diversas técnicas de fabricación, como moldeo por transferencia de resina (RTM), moldeo por compresión (CM) y disposición manual. El artículo se centra en una tecnología de procesamiento innovadora mediante RTM para la fabricación de compuestos de alto rendimiento utilizando hojas de plátano cortas orientadas aleatoriamente. Se destaca la excelente adhesión entre fibra y matriz lograda, así como la importancia de controlar la formación de vacíos durante la impregnación de resina y el proceso de curado. Además, se analizan en profundidad las propiedades eléctricas de estos compuestos, revelando que el aumento del contenido de fibra incrementa la constante dieléctrica y la conductividad, fenómeno atribuido a la polarización interfacial y de orientación inducida por los grupos polares de la celulosa presentes en las fibras naturales (Rajamanikandan et al., 2022).

El artículo examina el uso de residuos agrícolas lignocelulósicos, tales como la cáscara de arroz (RH) y la cáscara de maní (GNS), en la producción de biocompuestos híbridos de polipropileno (PP) para aplicaciones en construcción sostenible. Estos residuos, obtenidos sin tratamiento previo, representan una alternativa sostenible para gestionar y valorizar desechos agrícolas. Se realizaron pruebas exhaustivas para evaluar diversas propiedades de los compuestos, incluyendo conductividad térmica, absorción acústica, estabilidad acuosa, resistencia al fuego y propiedades mecánicas. Los resultados indicaron que los compuestos exhibían propiedades prometedoras, como una resistencia adecuada a la tracción y flexión, con valores máximos de 15,6 MPa y 37,6 MPa respectivamente en la proporción de 20/60/20 GNS/RH/PP. Además, presentaron una conductividad térmica

que varió entre 0,156 y 0,270 W/mK, junto con una absorción acústica máxima de 0,48. Se observó también un buen desempeño en retardancia de llama, comparable al de las placas de techo de yeso disponibles comercialmente, y una absorción de agua considerablemente menor que la de las losas de yeso estándar. Estos hallazgos subrayan el potencial de los residuos agrícolas como una alternativa viable y ecológica en la fabricación de materiales de construcción sostenibles y de bajo impacto ambiental (Guna et al., 2020).



Fuente: Guna et al., (2020)

Este estudio exhaustivo se centra en analizar experimentalmente las propiedades mecánicas de una placa compuesta de fibra de plátano, enfocándose específicamente en su resistencia a la tracción, flexión y compresión. Las pruebas se realizaron de acuerdo con los estándares rigurosos establecidos por ASTM, proporcionando datos detallados sobre cómo este material se comporta frente a diferentes tipos de carga y condiciones ambientales. La metodología de preparación de la placa involucró el uso meticuloso de una caja de madera para moldear, la aplicación estratégica de resina y color, y la disposición cuidadosa de capas de fibra de vidrio y fibra de plátano para asegurar una integración robusta y duradera. Los resultados obtenidos no solo ofrecen una comprensión profunda del rendimiento mecánico de este compuesto innovador, sino que también destacan su potencial para aplicaciones prácticas en ingeniería, subrayando su papel en la creación de productos

sostenibles y respetuosos con el medio ambiente en el ámbito de los materiales compuestos avanzados (Rohit et al., 2024).

Figura 13

Ensayo a la compresión



Fuente: Rohit et al., (2024)

En este estudio, se ha realizado un avance significativo al desarrollar un compuesto a partir de residuos de hojas de teca y poliuretano, específicamente diseñado para aplicaciones en tableros de partículas. La investigación incluyó variaciones sistemáticas en la fracción de poliuretano en la matriz del compuesto, explorando un rango desde 0,04 hasta 0,20 (p/p), con el fin de optimizar las propiedades mecánicas y físicas del material. Los resultados obtenidos revelaron que la muestra con una fracción de poliuretano de 0,14 (p/p) mostró la máxima resistencia a la compresión, alcanzando un impresionante valor de 38,5 MPa. Esta alta resistencia sugiere que el compuesto podría ser adecuado para aplicaciones estructurales que requieren materiales robustos y duraderos. Además, la densidad medida de 1261 kg/m³ se alinea con los estándares de la madera de teca, lo que confirma la viabilidad del compuesto como una alternativa sostenible y económica a los materiales convencionales. La baja absorción de agua, registrada en tan solo 1,38%, indica una excelente resistencia a la humedad, lo cual es crucial para su uso en ambientes donde la estabilidad dimensional es esencial. Estos resultados prometedores subrayan el potencial de los compuestos basados en residuos de hojas de teca y poliuretano para transformar la industria de materiales, ofreciendo

soluciones que no solo son eficaces en términos de rendimiento, sino también amigables con el medio ambiente (Masturi et al., 2020).

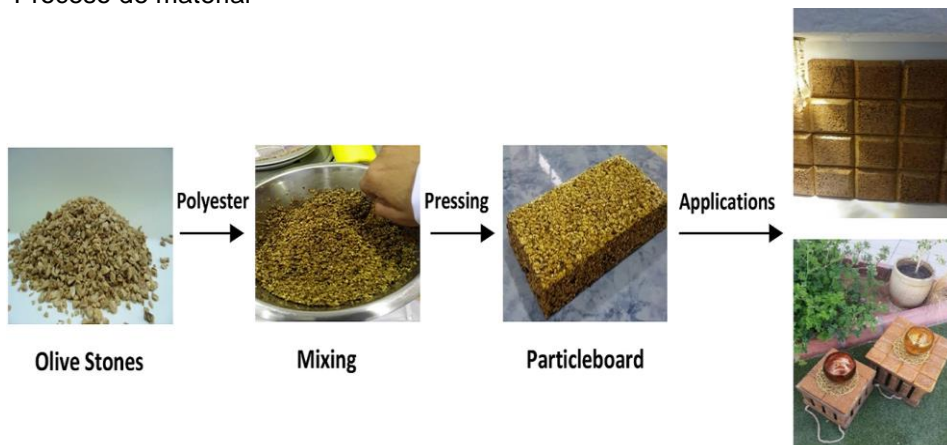
Figura 14
Residuos de hojas de teca/compuesto de poliuretano.



Fuente: Masturi et al., (2020)

El artículo se centra en la valorización de los residuos sólidos de la industria del aceite de oliva, específicamente los huesos de aceituna, mediante su transformación en tableros de partículas para aplicaciones en diseño interior. Este enfoque no solo aborda el problema ambiental significativo asociado con la disposición de estos residuos, sino que también explora nuevas oportunidades económicas. Utilizando resina de poliéster como aglutinante, se fabricaron tableros con propiedades físicas y mecánicas que cumplen con estándares internacionales, destacándose por su bajo contenido de humedad, resistencia a la flexión y capacidad para resistir hongos y bacterias. Los tableros resultantes no solo demostraron ser adecuados para operaciones estándar de carpintería como perforación, aserrado, clavado y pintado, sino que también ofrecen una alternativa sostenible y versátil a los tableros tradicionales a base de madera y fibra de madera. Este estudio subraya el potencial de los residuos agrícolas como recursos valiosos en la economía circular, contribuyendo así a la mitigación de impactos ambientales y a la innovación en el sector de la construcción y el diseño interior (Frag et al., 2020).

Figura 15
Proceso de material



Fuente: Farag et al., (2020)

El proyecto se centra en la investigación y desarrollo de un panel contrachapado fabricado a partir de hojas de choclo y cáscaras de palma africana, diseñado para su uso como divisor de espacios interiores. Este estudio se basa en la exploración de opciones sostenibles y ecológicas en el campo de la arquitectura y el diseño de interiores. El proceso investigativo abarca desde la recolección y preparación meticulosa de los materiales naturales hasta la implementación de técnicas innovadoras en la fabricación del panel contrachapado. Durante el proceso de desarrollo, se lleva a cabo un exhaustivo análisis de las propiedades físicas, mecánicas y estéticas del producto final, considerando también su comportamiento ante condiciones ambientales variables y su adaptabilidad a diferentes contextos arquitectónicos. Se exploran diversas técnicas de ensamblaje y acabado para garantizar la funcionalidad y durabilidad del panel contrachapado, así como para optimizar su rendimiento en términos de resistencia estructural y estabilidad dimensional. Los resultados obtenidos de la investigación sugieren que el panel contrachapado desarrollado no solo cumple con los estándares requeridos en términos de resistencia y funcionalidad, sino que también ofrece una alternativa viable y prometedora para la construcción sostenible y el diseño interior. Esta innovación no solo busca satisfacer las necesidades estructurales y estéticas de los espacios interiores, sino que también busca promover prácticas constructivas más responsables y amigables con el medio ambiente en el sector arquitectónico (Mera & Salazar, 2021).

Figura 16
Prototipo de panel



Fuente: Mera & Salazar, (2021)

La investigación se centra en la creación de paneles decorativos destinados a interiores de viviendas de interés social, utilizando como materia prima los residuos derivados del procesamiento de la piña. Este estudio aborda todo el ciclo de transformación de estos residuos agrícolas en paneles funcionales y estéticamente atractivos. Inicia con la recolección y selección meticulosa de los residuos de piña, seguido de su procesamiento mediante técnicas innovadoras que incluyen trituración, secado y compactación para obtener materiales aptos para la fabricación de paneles. Se realiza un análisis detallado de las propiedades físicas, mecánicas y estéticas de los paneles resultantes, evaluando su resistencia, durabilidad y capacidad para cumplir con los requisitos decorativos y funcionales de las viviendas de interés social. Además, se estudia la viabilidad económica y ambiental de este proceso, considerando aspectos como la disponibilidad de la materia prima, los costos de producción y los beneficios sociales y ambientales derivados del uso de residuos agrícolas. Los hallazgos de la investigación destacan que los paneles decorativos elaborados con residuos de piña no solo son viables desde el punto de vista técnico y económico, sino que también ofrecen una solución innovadora y sostenible para mejorar el entorno habitacional en comunidades vulnerables. Este enfoque no solo busca satisfacer necesidades estéticas y funcionales en la construcción de viviendas de bajo costo, sino que también promueve prácticas de desarrollo sostenible al reutilizar recursos agrícolas que de otro modo podrían ser desechados, contribuyendo

así a la reducción de residuos y al fomento de economías circulares en el sector de la construcción (Bayas, 2020).

Figura 17
Prototipo terminado

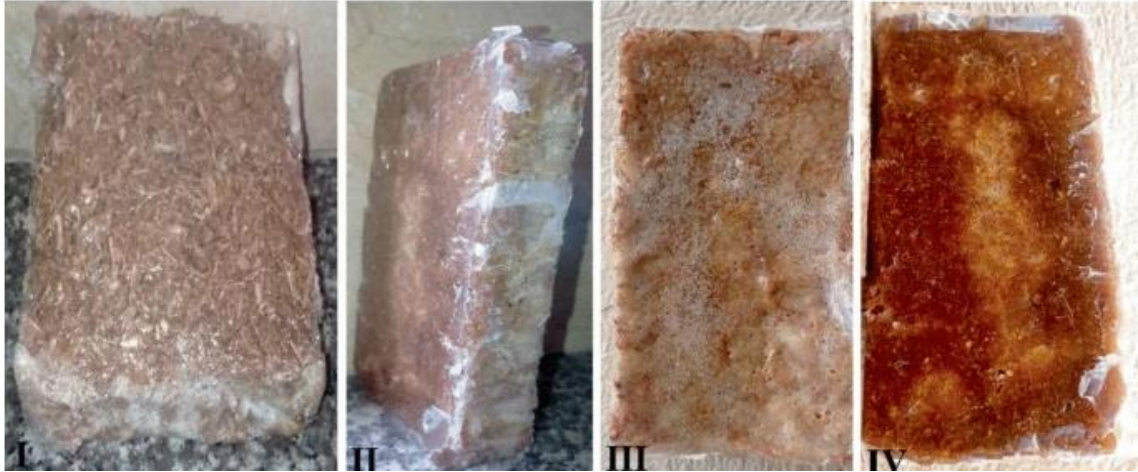


Fuente: Bayas, (2020)

Esta investigación se centra en promover un modelo de economía circular mediante la utilización de residuos agroforestales para desarrollar un material sostenible destinado a mitigar la radiación ultravioleta directa en los edificios. El objetivo principal del estudio es fabricar una estructura de celosía utilizando una combinación de fibra de coco y aserrín, unidos con resina epoxi, para crear un compuesto que no sólo sea liviano y duradero, sino que también proporcione un aislamiento térmico eficaz. Se fabricaron cuatro prototipos distintos con diferentes composiciones para caracterizar sus propiedades. El prototipo 3, compuesto por 15% de fibra de coco, 38% de aserrín y 47% de resina epoxi, demostró un módulo de ruptura (MOR) de 48,33 kg/cm² y un módulo de elasticidad (MOE) de 12,54 kg/cm². Mientras tanto, el Prototipo 4, con 38% de fibra de coco, 15% de aserrín y 47% de resina, logró una resistencia a la compresión de 68,57 kg/cm². Además, la conductividad térmica del prototipo final se midió en 0,083 W/mK, lo que destaca su potencial para una gestión térmica eficaz en aplicaciones de construcción. Estos hallazgos subrayan la viabilidad de producir materiales compuestos a partir de fibras

naturales y residuos agrícolas, ofreciendo soluciones prometedoras para la construcción sostenible (Echeverría et al., 2024).

Figura 18 Matriz I, II, III y IV probaron estos modelos para determinar sus propiedades físicas y mecánicas.



Fuente: Echeverría et al., (2024)

Este estudio se dedica a investigar y desarrollar paneles decorativos polifuncionales diseñados específicamente para mejorar los ambientes interiores de edificaciones. Se emplea una novedosa mezcla que combina aserrín, un subproducto de la industria maderera, con estopa de coco, un material natural y renovable. El objetivo principal es explorar las capacidades de esta combinación para no solo embellecer los espacios residenciales y comerciales, sino también para proporcionar beneficios funcionales significativos. El proceso de desarrollo comprende varias etapas críticas: desde la selección cuidadosa y preparación de los materiales, donde el aserrín se limpia y seco para eliminar impurezas, hasta la fibra de coco que se procesa para asegurar una longitud y textura uniformes. Luego, estos materiales se mezclan de manera controlada con resinas adecuadas y se prensan bajo condiciones precisas para formar paneles sólidos y duraderos. La investigación incluye una evaluación exhaustiva de las propiedades físicas y funcionales de los paneles resultantes. Se realizan pruebas detalladas para medir la resistencia mecánica, la durabilidad frente al desgaste y la humedad, así como la capacidad de proporcionar un buen aislamiento térmico y acústico. Estos aspectos son cruciales no solo para garantizar la calidad y la longevidad del producto final, sino también para demostrar su idoneidad como alternativa sostenible en comparación con los materiales convencionales utilizados en la decoración y construcción interior. Además de su

impacto directo en la mejora estética y funcional de los espacios habitables, estos paneles buscan fomentar prácticas constructivas más responsables y respetuosas con el medio ambiente, contribuyendo así a la reducción de la huella ecológica asociada a la industria de la construcción (Ubillus, 2020).

Figura 19
Prototipos



Fuente: Ubillus, (2020)

2.2 Marco Legal:

La Norma **INEN 1127:2015** es una normativa ecuatoriana que define los métodos para medir la viscosidad de las resinas sintéticas. La viscosidad es una propiedad importante de las resinas que influye en su procesabilidad y en las propiedades finales del material compuesto. La Norma INEN 1127:2015 tiene como objetivo proporcionar un método estandarizado para la determinación de la viscosidad de las resinas sintéticas. Esto permite asegurar la consistencia y calidad de las resinas utilizadas en diversas aplicaciones industriales (INEN, 2014).

La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 3110 especifica los requisitos que deben cumplir los tableros de partículas para garantizar su calidad y rendimiento. Esta norma se aplica a los tableros de partículas utilizados en diferentes aplicaciones, como en la fabricación de muebles, revestimientos y decoración. La NTE INEN 3110

es crucial para asegurar que los cumplan con estándares de calidad que garantizan su rendimiento y durabilidad en diversas aplicaciones (INEN, 2016).

La "Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre" es una normativa que tiene como objetivo principal regular y promover la conservación, protección, restauración y uso sostenible de los recursos forestales y de las áreas naturales en un país determinado. "Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre" es fundamental para la gestión integral y sostenible de los recursos naturales y áreas protegidas, buscando equilibrar el desarrollo humano con la conservación ambiental a largo plazo (Medio ambiente, 2024).

El artículo 14 de la Constitución de la República del Ecuador garantiza el derecho fundamental de todas las personas a vivir en un entorno sano y ecológicamente equilibrado, fomentando la sostenibilidad y el concepto de "buen vivir" o Sumak Kawsay. En este contexto constitucional, se subraya la importancia de preservar el medio ambiente y se declara de interés público la protección de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país. Asimismo, se enfatiza la importancia de prevenir el daño ambiental y de recuperar aquellos espacios naturales que hayan sido degradados (Codigo orgánico del ambiente, 2019).

Objetivos de Desarrollo Sostenibles

El Objetivo 9 tiene como propósito desarrollar infraestructuras resilientes, fomentar una industrialización sostenible y promover la innovación. El crecimiento económico, el avance social y las medidas contra el cambio climático dependen en gran medida de las inversiones en infraestructuras, la industrialización sostenible y el progreso tecnológico. Por su parte, el Objetivo 11 busca lograr que las ciudades y asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. Para el año 2030, la meta 11.6 pretende reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, con un enfoque particular en la calidad del aire y la gestión de residuos municipales y otros desechos (NU & ODS, 2023).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de la investigación

El enfoque de investigación utilizado es de tipo cuantitativo, caracterizado por su secuencialidad y su orientación hacia la prueba. Este enfoque sigue un proceso metódico que abarca la delimitación del tema de investigación, la formulación de objetivos y preguntas específicas, una revisión exhaustiva de la literatura relevante, y el desarrollo de un marco teórico sólido. A partir de las preguntas de investigación, se generan hipótesis y se identifican las variables relevantes, seguido de una planificación detallada del diseño investigativo. La recolección de datos se realiza mediante métodos que incluyen mediciones numéricas, y el análisis estadístico se utiliza para probar las hipótesis, identificar patrones y validar las teorías. Se emplea la recopilación y análisis de datos cuantitativos para evaluar y sustentar afirmaciones mediante métodos estadísticos, con el objetivo de obtener conclusiones precisas y significativas (Hernández Sampieri, 2019). Este enfoque metodológico se aplicará en el estudio para evaluar la eficacia de las placas fabricadas con hojas conglomeradas de resina.

3.2 Alcance de la investigación

Se utilizará un enfoque descriptivo y experimental para examinar una placa de pared hecha de hojas secas como material renovable, unidas con resina epoxi. Los estudios descriptivos buscan detallar las propiedades y características principales de un fenómeno específico. La investigación experimental abarca una serie de actividades metodológicas y técnicas diseñadas para recolectar la información y los datos necesarios sobre el tema en cuestión y el problema a resolver (Hernández Sampieri, 2019). En este caso, se busca detallar las propiedades mecánicas específicas de la placa, con un enfoque particular en la combinación de hojas de mango y resina.

3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos

En investigaciones cuantitativas, se emplean herramientas para medir las variables asociadas con las hipótesis o, en su defecto, para evaluar las variables relevantes. La medición implica conectar conceptos abstractos con indicadores empíricos específicos. Un instrumento de medición es el recurso utilizado por el investigador para obtener datos precisos sobre las variables en estudio. La eficacia de la medición depende de la habilidad del instrumento para reflejar con precisión las variables investigadas (Hernández Sampieri, 2019). En este estudio, se emplearán técnicas de observación y ensayos de laboratorio para este propósito.

3.4 Población y muestra

La población estaría compuesta por las placas elaboradas utilizando hojas secas como material renovable y conglomeradas con resina. Esta definición incluiría todas las placas disponibles o potencialmente disponibles que se ajusten a estas especificaciones, que será 11 prototipos.

Tipos de Muestra en investigación cualitativa

La muestra representativa sería un subconjunto seleccionado de estas placas, elegidas de manera que sean representativas de la diversidad en cuanto a las dosificaciones de hojas secas, tipos de resina utilizada, y otras variables relevantes para la investigación. La muestra permitiría realizar pruebas, mediciones y análisis para evaluar las propiedades físicas, mecánicas y cualquier otro aspecto relevante de las placas para pared en estudio.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA

En el contexto de la sostenibilidad y el aprovechamiento de recursos naturales subutilizados, las hojas de mango representan un material con un potencial significativo que hasta ahora ha sido en gran medida desaprovechado. Las hojas de mango, generalmente consideradas como residuos agrícolas, poseen propiedades físicas y químicas que pueden ser explotadas para la creación de materiales compuestos innovadores. Al emplear estas hojas en la fabricación de placas conglomeradas con resina, no solo se reduce el volumen de desechos orgánicos, sino que también se promueve la economía circular al transformar un subproducto agrícola en un recurso valioso para la construcción de viviendas de interés social. Este enfoque no solo contribuye a la mitigación del impacto ambiental asociado con los residuos agrícolas, sino que también ofrece una solución sostenible y económicamente viable para la industria de la construcción, especialmente en sectores que demandan materiales accesibles y de bajo costo.

4.1 Presentación y análisis de resultados

Para la creación de los prototipos, se siguieron las directrices establecidas en la NTE INEN 3110, la Norma Técnica Ecuatoriana sobre Tableros de Partículas, que define especificaciones y terminología relacionadas con estos productos en la construcción. Esta norma ofrece definiciones claras y detalladas de los términos usados en la fabricación, aplicación y evaluación de tableros para edificaciones. Se eligió esta normativa por su relevancia en el sector de la construcción.

En cuanto a los procedimientos y estándares, se aplicaron las disposiciones de la norma INEN para tableros, adaptándolas luego para llevar a cabo pruebas mecánicas en los prototipos. Este enfoque asegura que se cumplan las normativas relevantes y garantiza la calidad y fiabilidad de los resultados obtenidos en la fabricación de los prototipos.

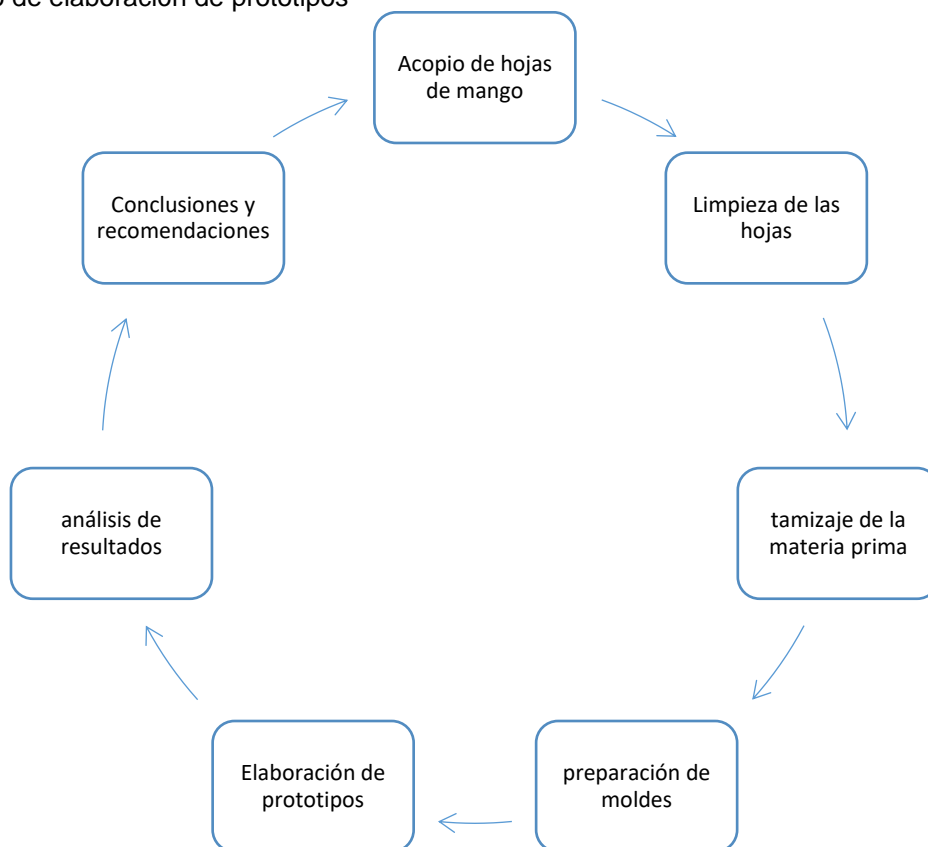
En resumen, el uso de normativas como la INEN 3110 y la adaptación de los estándares para pruebas mecánicas según las normas INEN para tableros son

prácticas esenciales para garantizar la consistencia, exactitud y calidad en la creación de prototipos destinados a la construcción de edificaciones y estructuras similares.

4.2 Proceso de elaboración del prototipo

El diagrama ilustra un proceso cíclico que comienza con el acopio de hojas de mango. Posteriormente, se realiza la limpieza de las hojas recolectadas para eliminar cualquier impureza. La siguiente etapa es el tamizaje de la materia prima, que asegura que solo se utilicen las hojas adecuadas. Luego, se preparan los moldes necesarios para dar forma a los productos. Con los moldes listos, se procede a la elaboración de prototipos, que son evaluados en la etapa de análisis de resultados. Finalmente, se desarrollan conclusiones y recomendaciones basadas en los resultados obtenidos.

Figura 20
Proceso de elaboración de prototipos



Elaborado por: Paula, (2024)

4.3 Descripción de la elaboración de los prototipos

Se recolectó hojas de mango en un parque de la ciudad de Guayaquil. Las hojas fueron limpiadas con lejía y luego secadas en un horno a 70 °C durante una hora. Posteriormente, se cortaron a un largo de 16 cm. Se prepararon moldes de 4 x 4 x 16 cm para la fabricación de los prototipos. Las hojas de mango seleccionadas se colocaron en los moldes alternando con capas de resina. Primero, se vertió una capa de resina de 1 cm en el molde, luego se colocaron las hojas, y se repitió el proceso hasta completar el molde.

Una vez preparados, los prototipos se dejaron secar al aire libre durante una semana. Posteriormente, se dejaron reposar por 24 horas adicionales antes de ser desmoldados. Después del desmolde, los prototipos se expusieron al sol durante 3 días para completar el secado antes de realizar los ensayos de prueba. Se realizaron 10 prototipos, con 2 prototipos para cada dosificación, para determinar el porcentaje correspondiente.

Figura 21
Prototipos



Elaborado por: Paula, (2024)

4.4 Elaboración de los prototipos

Tabla 1

Dosificación del prototipo I

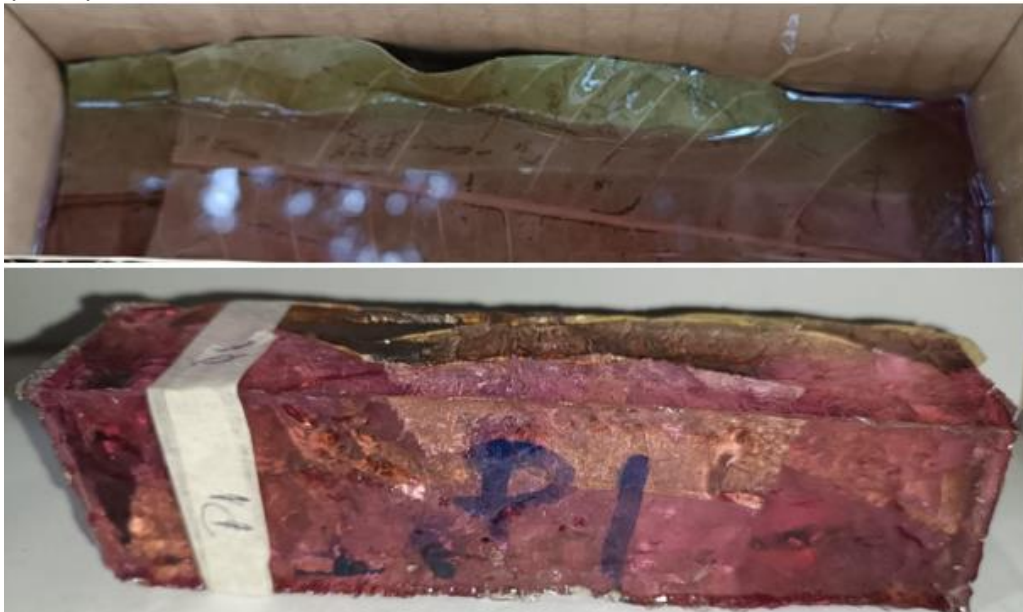
Materiales	Peso (gr)	Porcentaje (%)
Hojas de mango	6	1,92
Resina	306	98,08
Total	312	100

Nota: Dosificación del prototipo I

Elaborado por: Paula, (2024)

Para la fabricación del primer prototipo, se siguió un proceso detallado. Primero, se pesaron con exactitud los materiales requeridos. Posteriormente, se preparó la resina y se añadieron las hojas de mango. Finalmente, se mezclaron todos los componentes y la mezcla resultante se vertió en el molde adecuado.

Figura 22
prototipo I



Elaborado por: Paula, (2024)

Tabla 2

Dosificación del prototipo II

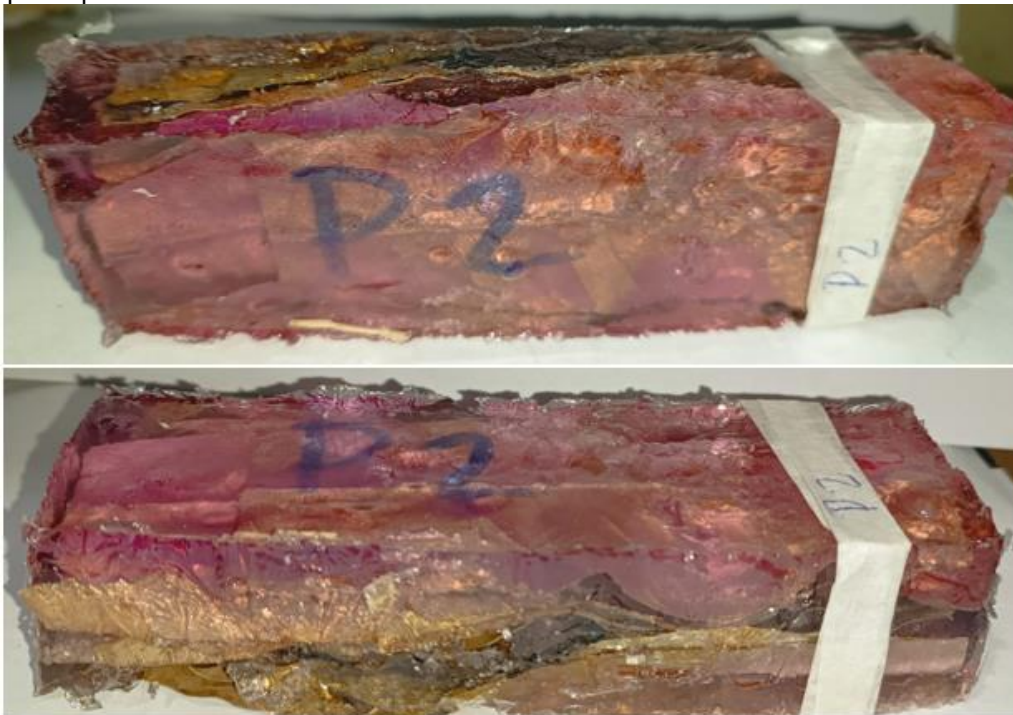
Materiales	Peso (gr)	Porcentaje (%)
Hojas de mango	8	2,58
Resina	302	97,42
Total	310	100

Nota: Dosificación del prototipo II

Elaborado por: Paula, (2024)

Para la fabricación del segundo prototipo, se siguió un proceso minucioso. En primer lugar, se pesaron con precisión los materiales necesarios. A continuación, se preparó la resina y se añadieron las hojas de mango. Finalmente, se mezclaron todos los componentes y la mezcla se vertió en el molde adecuado.

Figura 23
prototipo II



Elaborado por: Paula, (2024)

Tabla 3
prototipo III

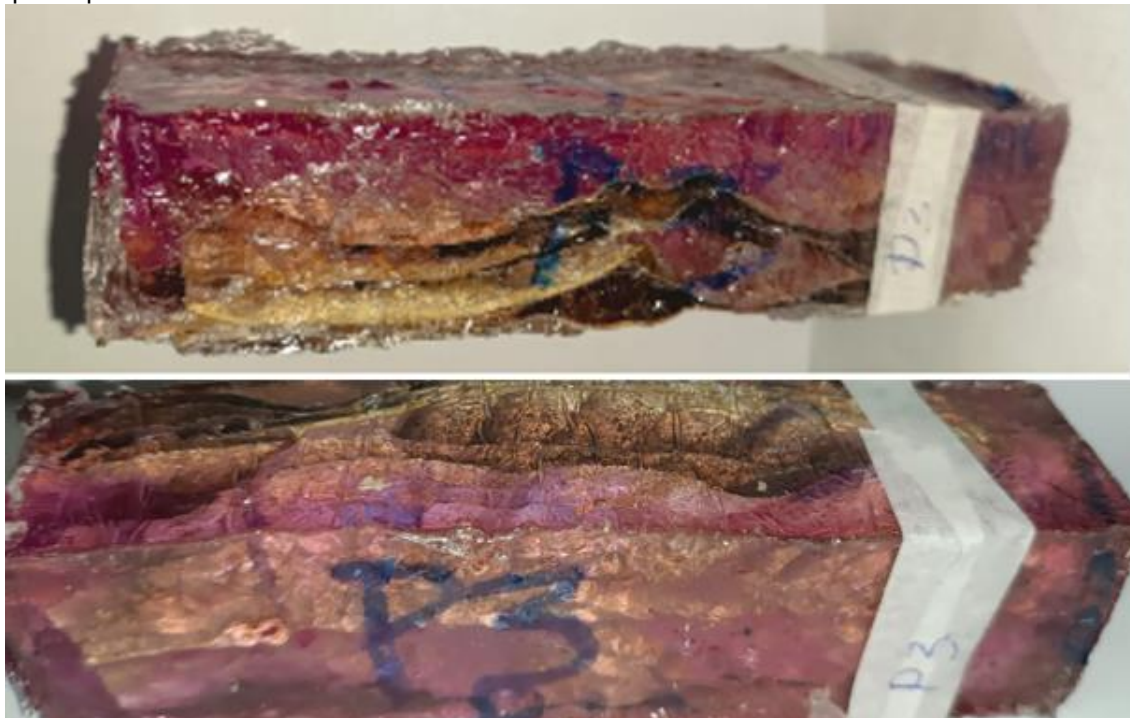
Materiales	Peso (gr)	Porcentaje (%)
Hojas de mango	10	3,25
Resina	298	96,75
Total	308	100

Nota: Dosificación del prototipo III

Elaborado por: Paula, (2024)

Para la fabricación del tercer prototipo, se siguió un procedimiento detallado. Primero, se pesaron con exactitud los materiales requeridos. Después, se preparó la resina y se añadieron las hojas de mango. Finalmente, se combinó completamente la mezcla de todos los materiales, que luego se vertió en el molde adecuado.

Figura 24
prototipo III



Elaborado por: Paula, (2024)

Tabla 4
prototipo IV

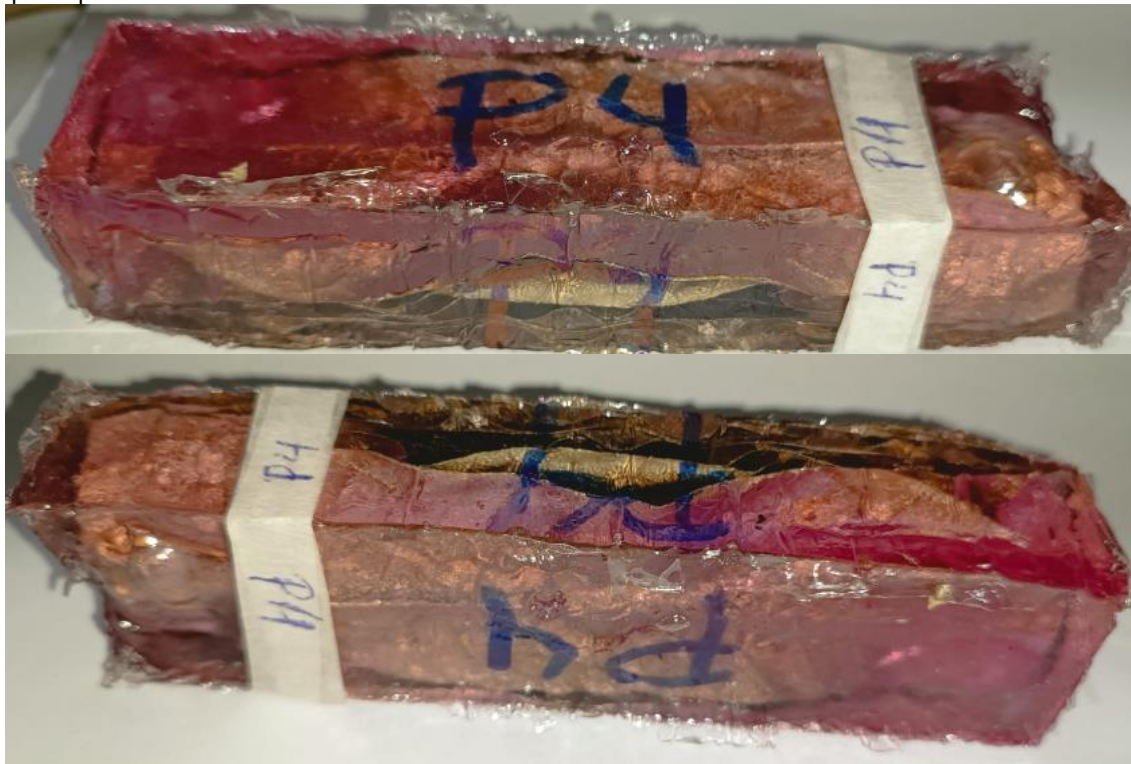
Materiales	Peso (gr)	Porcentaje (%)
Hojas de mango	12	4
Resina	290	96
Total	302	100

Nota: Dosificación del prototipo IV

Elaborado por: Paula, (2024)

Para la fabricación del cuarto prototipo, se siguió un proceso detallado. Primero, se pesaron con precisión los materiales necesarios. Luego, se preparó la resina y se añadieron las hojas de mango. Finalmente, se combinó toda la mezcla de materiales y se vertió en el molde correspondiente.

Figura 25
prototipo IV



Elaborado por: Paula, (2024)

Tabla 5
prototipo V

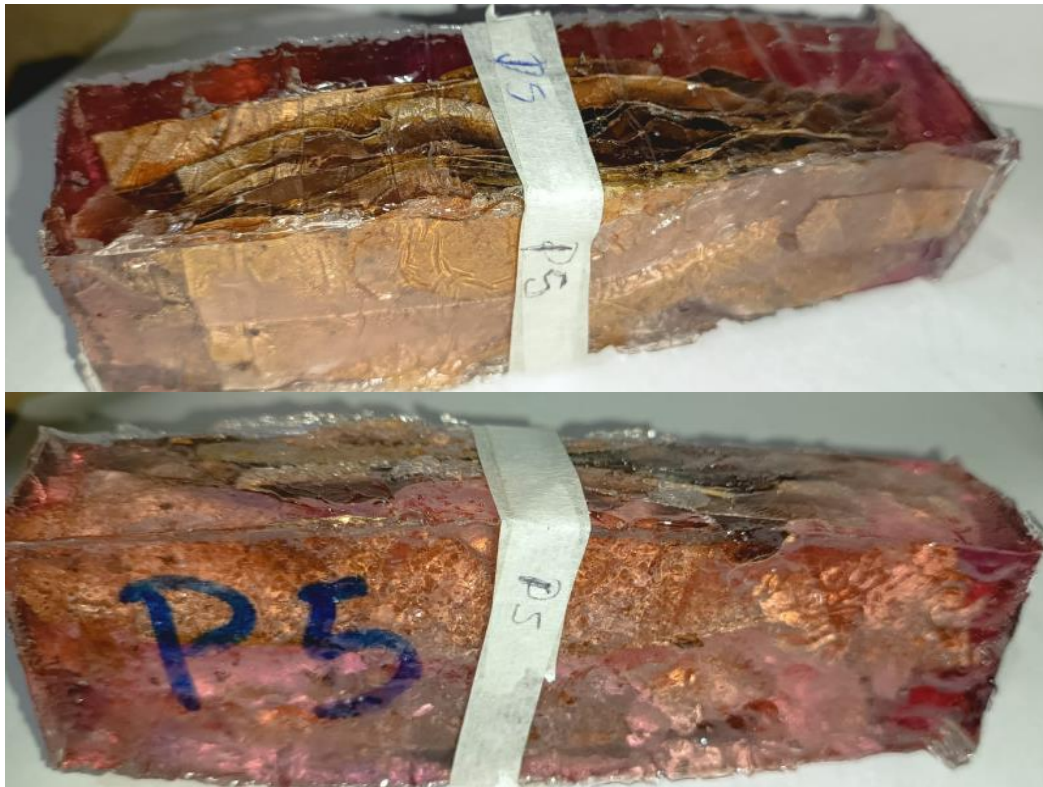
Materiales	Peso (gr)	Porcentaje (%)
Hojas de mango	14	4,63
Resina	290	95,37
Total	302	100

Nota: Dosificación del prototipo V

Elaborado por: Paula, (2024)

Para la elaboración del quinto prototipo, se siguió un proceso detallado. Primero, se midieron con exactitud los materiales necesarios. Luego, se preparó la resina y se añadieron las hojas de mango. Finalmente, se mezclaron todos los componentes y la mezcla se vertió en el molde adecuado.

Figura 26
prototipo 5



Elaborado por: Paula, (2024)

Tabla 6
prototipo tipo

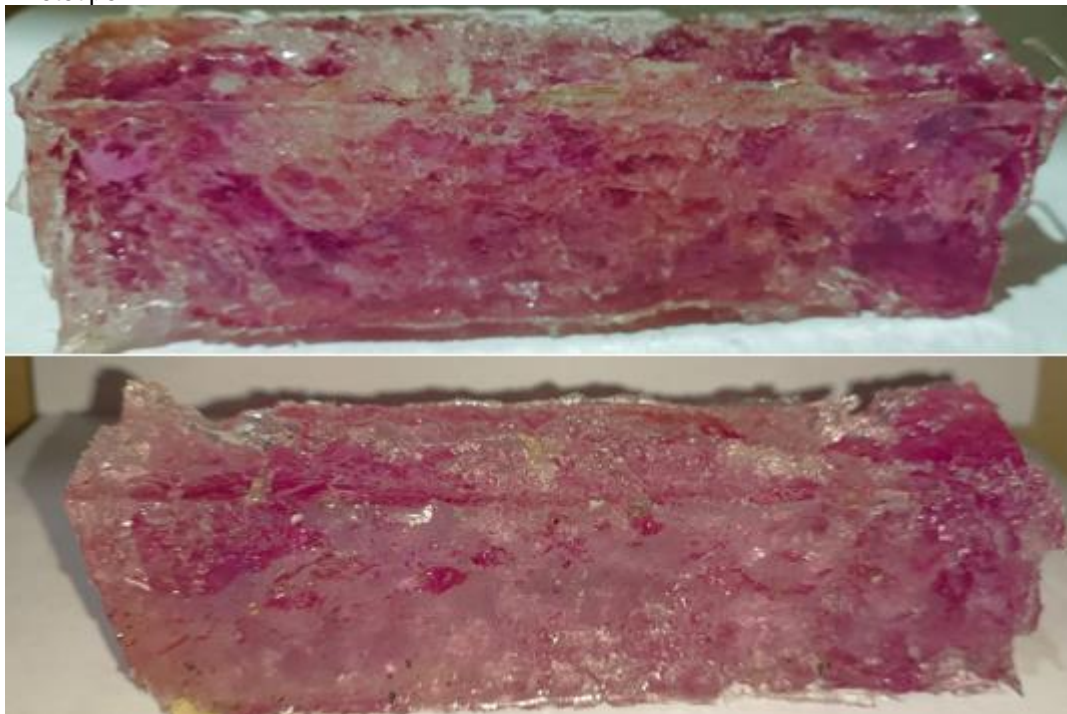
Materiales	Peso (gr)	Porcentaje (%)
Resina	302	100
Total	302	100

Nota: Dosificación del prototipo tipo

Elaborado por: Paula, (2024)

El prototipo de referencia se diseñó para actuar como un control en las pruebas de los prototipos que incluyen hojas. Este prototipo se fabricó únicamente con resina para ofrecer una referencia clara durante las evaluaciones.

Figura 27
Prototipo vi



Elaborado por: Paula, (2024)

Caracterización de los prototipos

Absorción de humedad

Para determinar la tasa de absorción de humedad de los prototipos. Para ello, primero se registró el peso inicial de cada prototipo. Luego, se sumergieron en agua durante 24 horas, se secaron y se midió el peso saturado. Utilizamos los valores correspondientes en la fórmula, siguiendo la norma INEN 3110:2016. En los resultados obtenidos (ver Tabla 6), se puede observar que los modelos presentan un bajo valor de absorción, y la variación en su porcentaje de absorción se debe al sellado periódico de los composites

$$\frac{P_2 - P_1}{P_1} \times 100$$

- **C** = Contenido de humedad
- **P₁** = peso inicial
- **P₂** = peso saturado

Figura 28
Prueba de humedad

Prototipo	peso inicial P ₁ (g)	peso saturado P ₂ (g)	Contenido de humedad %
I	243	248	2.05
II	246	253	2.84
III	253	259	2.37
IV	196	204	4.08
V	252	260	3.17
VI	241	242	1.42

Nota: Ensayo de humedad

Elaborado por: Paula, (2024)

Ensayo a la flexión

Para los ensayos de flexión y compresión se utilizó una máquina es una prensa hidráulica, utilizada en laboratorios de pruebas de materiales para realizar ensayos de compresión, tracción y flexión. Su estructura robusta, con columnas de soporte y una plataforma de carga ajustable, permite acomodar diversas muestras. Un cabezal de presión en la parte superior, controlado por un sistema hidráulico, aplica la carga necesaria para las pruebas. La máquina cuenta con un panel de control para ajustar los parámetros de la prueba, sensores para registrar datos relevantes, y elementos de seguridad para proteger al operador durante su uso. Norma aplicada ASTM C348.

Figura 29

Máquina de ensayo de compresión y flexión



Elaborado por: Paula, (2024)

Tabla 7

ensayo a la flexión

Prototipo	P (N)	Sf (Mpa)	Módulo de elasticidad Mpa
I	1393.56	4	1041
II	1253.21	3.5	1041
III	1262.43	3.5	1041
IV	2411.37	6.8	1041
V	1188.04	3.3	1041
Tipo	2411.00	6	1041

Nota: Ensayo a la flexión

Elaborado por: Paula, (2024)

Comparación con los tableros comerciales a la flexión

Tabla 8

Comparación con tableros P3 y P4

Prototipo 4	INEN P4 (MPa)	INEN P3 (MPa)
6.8	6.9	7.4

Nota: Comparación con los tableros comerciales

Elaborado por: Paula, (2024)

Tipo P3: Tableros no estructurales para uso en ambientes húmedos; Tipo P4: Tableros estructurales para uso en ambientes secos. Requisitos para las propiedades mecánicas basados en la norma INEN 3110: 2016.

El prototipo 2 tuvo una mejor respuesta al esfuerzo de flexión, con una resistencia de 6.8 megapascales.

Ensayo a la compresión

Para los ensayos de flexión y compresión se utilizó una máquina es una prensa hidráulica, utilizada en laboratorios de pruebas de materiales para realizar ensayos de compresión, tracción y flexión. Su estructura robusta, con columnas de soporte y una plataforma de carga ajustable, permite acomodar diversas muestras. Un cabezal de presión en la parte superior, controlado por un sistema hidráulico, aplica la carga necesaria para las pruebas. La máquina cuenta con un panel de control para ajustar los parámetros de la prueba, sensores para registrar datos relevantes, y elementos de seguridad para proteger al operador durante su uso. Norma ASTM C 109.

Tabla 9
ensayo a la compresión

Prototipo	a (mm)	l (mm)	Área (mm²)	Fuerza (N)	Compresión (MPa)
I	45.00	38.00	1710.00	55192.20	32.28
II	31.00	46.00	1426.00	38072.30	26.70
III	42.00	44.00	1848.00	44087.00	23.86
IV	43.00	42.00	1806.00	46136.50	25.55
V	42.00		1764.00	23418.70	13.28
Tipo	32.00	48.00	1536.00	41299.00	26.01

Nota: Ensayo a la compresión
Elaborado por: Paula, (2024)

El prototipo 1 dio mejores resultados en la prueba de compresión, alcanzando valores de 32,28 megapascales.

Presupuesto del material

Tabla 10 Presupuesto del material

Material	dimensiones	Precio M2	Mano de obra M2	Precio total \$
Prototipo 2	0,20 x 0,20 x 0,3	\$5	\$3	\$8
Prototipo 2	1,20 x 2,60 x 0,3	\$15	\$3	\$18
Placas decorativas	1,20 x 2,60 x 0,3	\$30	\$3	\$33

Nota: presupuesto

Elaborado por: Paula, (2024)

A continuación, se describen los pasos recomendados para la instalación.

1. **Paso #1:** Con la superficie limpia, verifique su nivelación.
2. **Paso #2:** Aplique el adhesivo estructural Sikadur Epoxi.

Figura 30
Sikadur



Fuente: Sika (2024)

Usos

El adhesivo estructural Sikadur Epoxi se emplea para:

- Componentes de hormigón (incluyendo la unión entre hormigón fresco y curado)
- Piedra natural
- Cerámica y fibrocemento
- Mortero, ladrillos y mampostería
- Acero, hierro y aluminio

- Madera
- Poliéster, materiales de fibra de vidrio y resinas
- Cristal

Ventajas

- Fácil de mezclar y aplicar.
- Excelente adherencia sobre la mayoría de los materiales de construcción.
- Adhesivo de alta resistencia.
- No presenta retracción al endurecer.
- Componentes de colores diferentes (para controlar el mezclado).
- No requiere imprimación.
- Altas resistencias mecánicas tanto iniciales como finales.
- Resistente a líquidos y vapor de agua.
- Buena resistencia química.

Paso #3: Las superficies deben estar limpias, secas y libres de aceite, grasa y cualquier otro contaminante que pueda afectar la adherencia del adhesivo.

Paso #4: Aplique el producto mezclado al soporte preparado utilizando brocha, rodillo, aerosol, proyección o llana, asegurando una cobertura uniforme y completa. Para lograr una adhesión óptima, es recomendable aplicar el adhesivo en ambos soportes que se van a unir.

Paso #5: Mezcle los componentes A y B durante al menos 3 minutos con una batidora eléctrica de bajas revoluciones (máx. 600 rpm) hasta obtener una consistencia y color gris uniforme. Evite la incorporación de aire durante la mezcla. Transfiera la mezcla a un recipiente limpio y bata nuevamente a baja velocidad durante aproximadamente 1 minuto para reducir la inclusión de aire. Prepare solo la cantidad necesaria para su uso dentro del tiempo útil de la mezcla.

Aplicación en una vivienda

San Eduardo es un barrio ubicado en la ciudad de Guayaquil, Ecuador. Es una zona residencial de clase media baja que ha experimentado un crecimiento constante a lo largo de los años, combinando la tranquilidad de un área residencial con la cercanía a diversas facilidades urbanas.

El barrio cuenta con una mezcla de viviendas de diferentes estilos y tamaños, lo que refleja la diversidad de sus residentes. A pesar de ser principalmente residencial.

San Eduardo se caracteriza por su comunidad activa, con vecinos que participan en iniciativas locales y eventos comunitarios, lo que refuerza el sentido de pertenencia y cohesión social en la zona. Además, su ubicación estratégica lo convierte en una opción atractiva para quienes buscan vivir en zona accesible.

Figura 31
Ubicación de vivienda

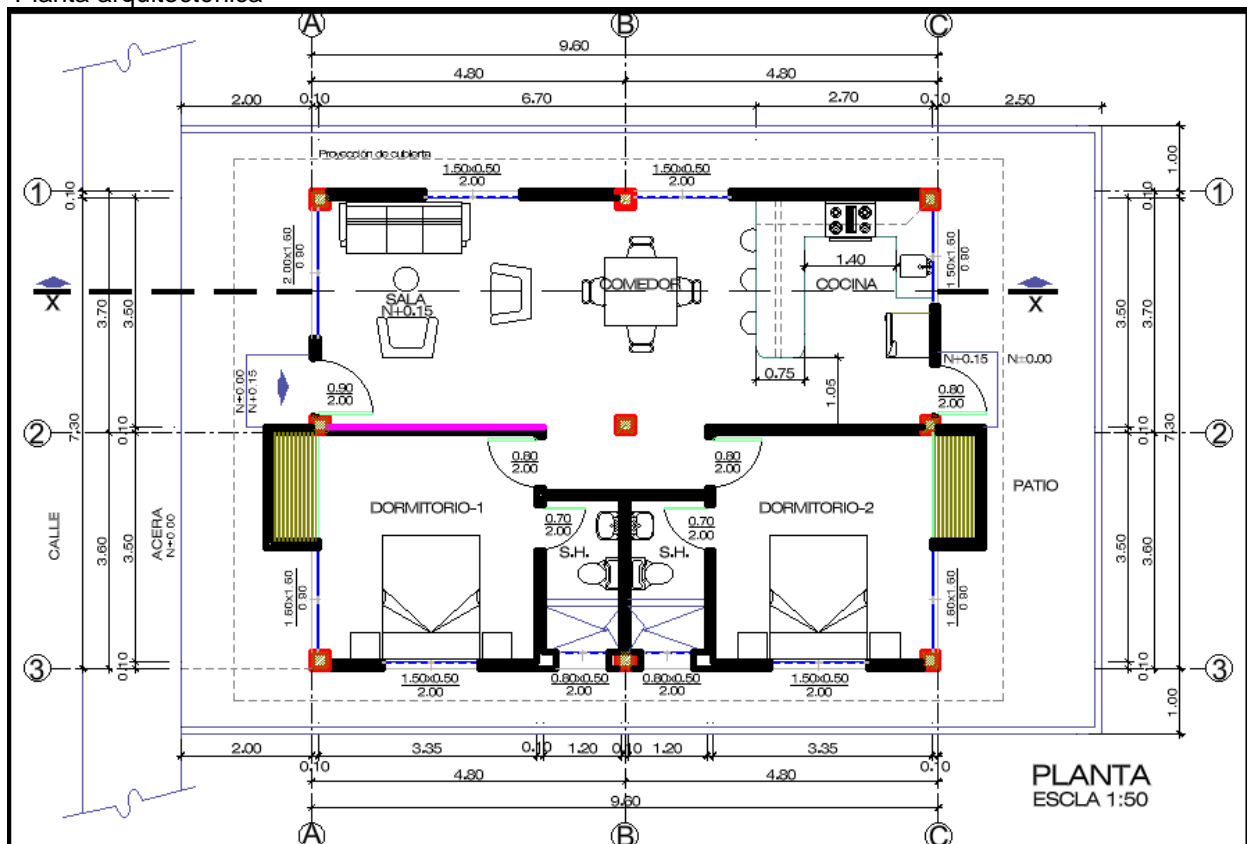


Fuente: Google, (2024)

Plantas arquitectónicas

Se ha diseñado una vivienda de una planta, ubicada en el barrio San Eduardo en Guayaquil. Este hogar contará con dos habitaciones y se integrará un elemento decorativo innovador en su sala: placas decorativas elaboradas a base de resina y hojas de mango. Estas placas, que aportarán un toque natural y distintivo al espacio, se aplicarán específicamente en la sala como parte del diseño interior. También se lo puede aplicar en otros espacios como: habitaciones, comedor y sala de Tv.

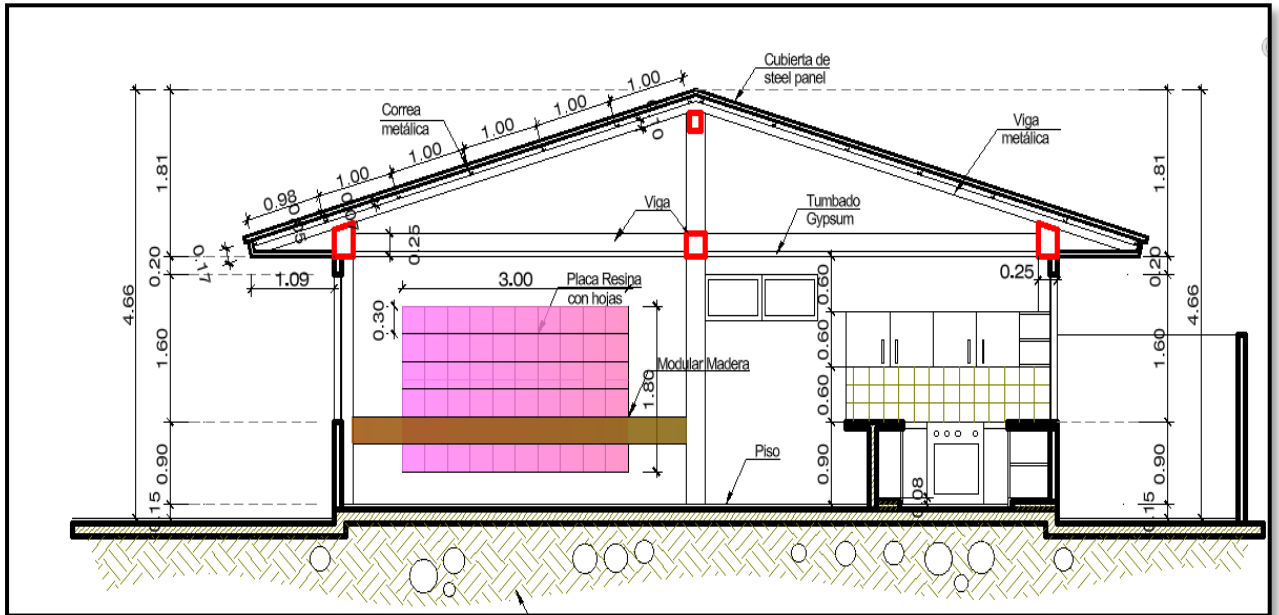
Figura 32
Planta arquitectónica



Elaborado por: Paula, (2024)

Corte

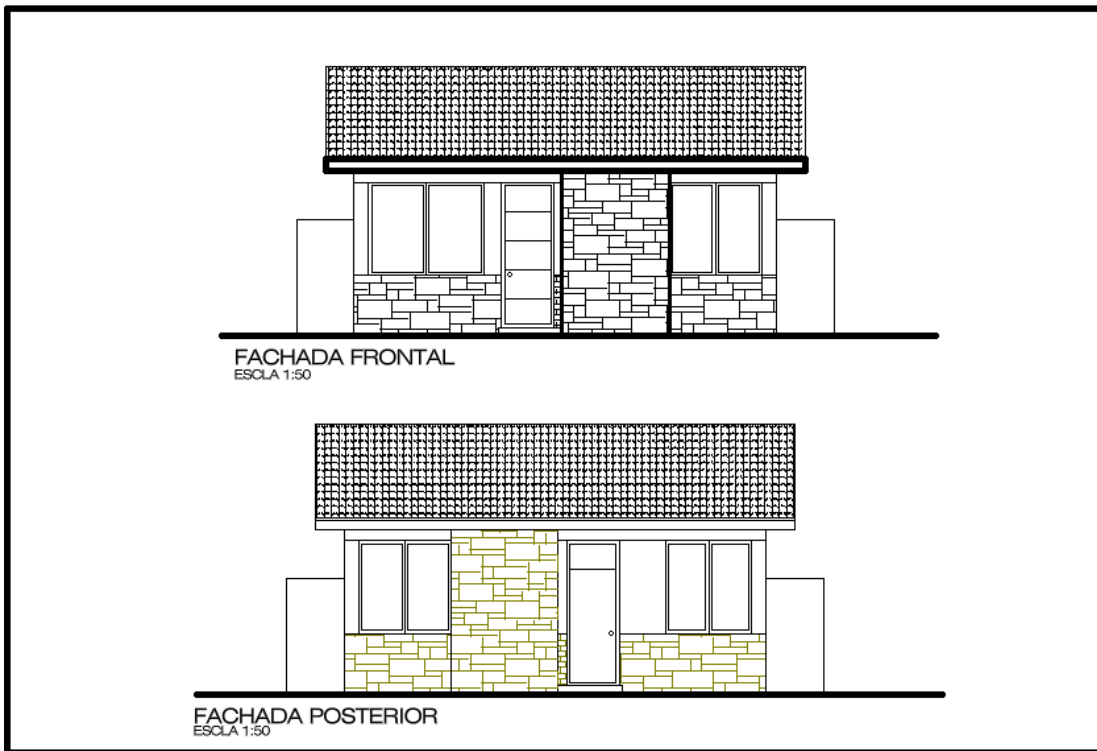
Figura 33
Corte



Elaborado por: Paula, (2024)

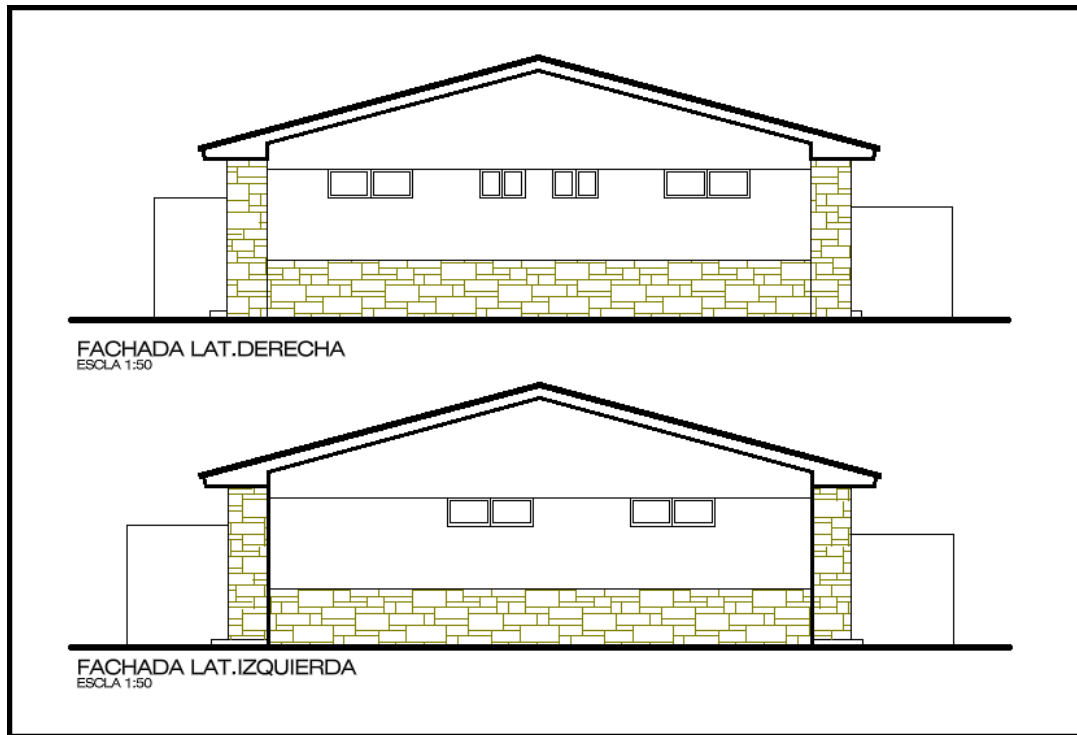
Fachadas

Figura 34
Fachada 1



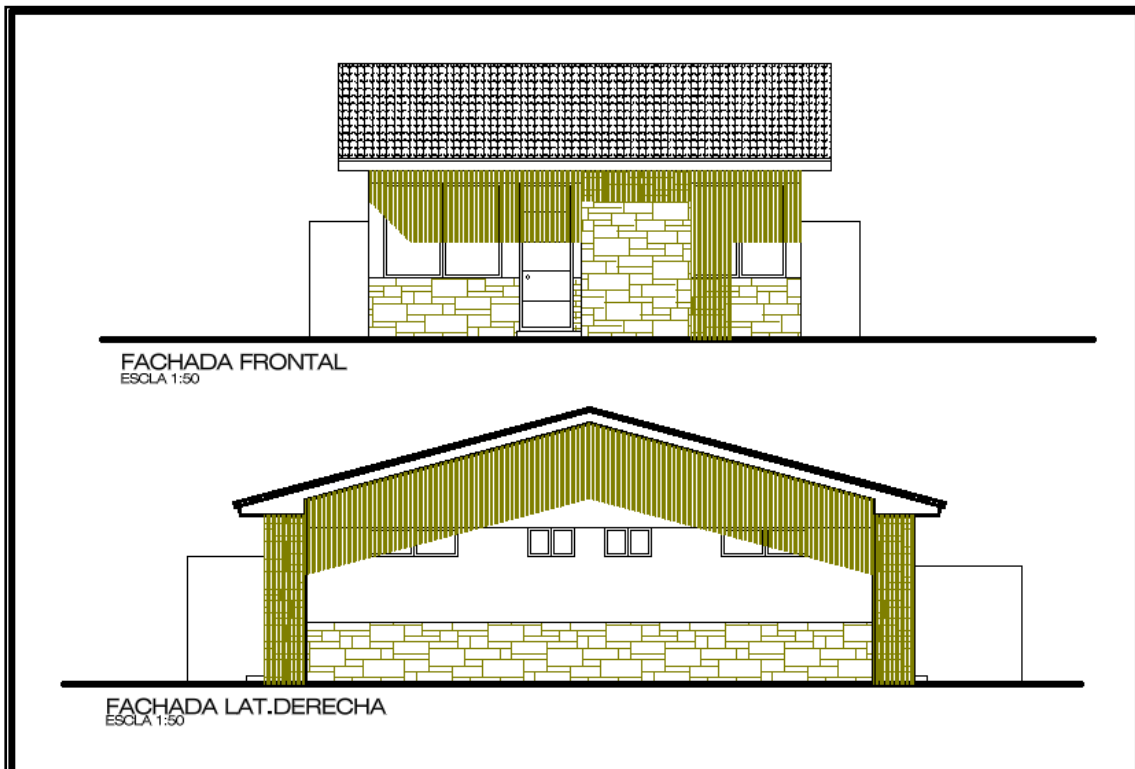
Elaborado por: Paula, (2024)

Figura 35
Fachada 2



Elaborado por: Paula, (2024)

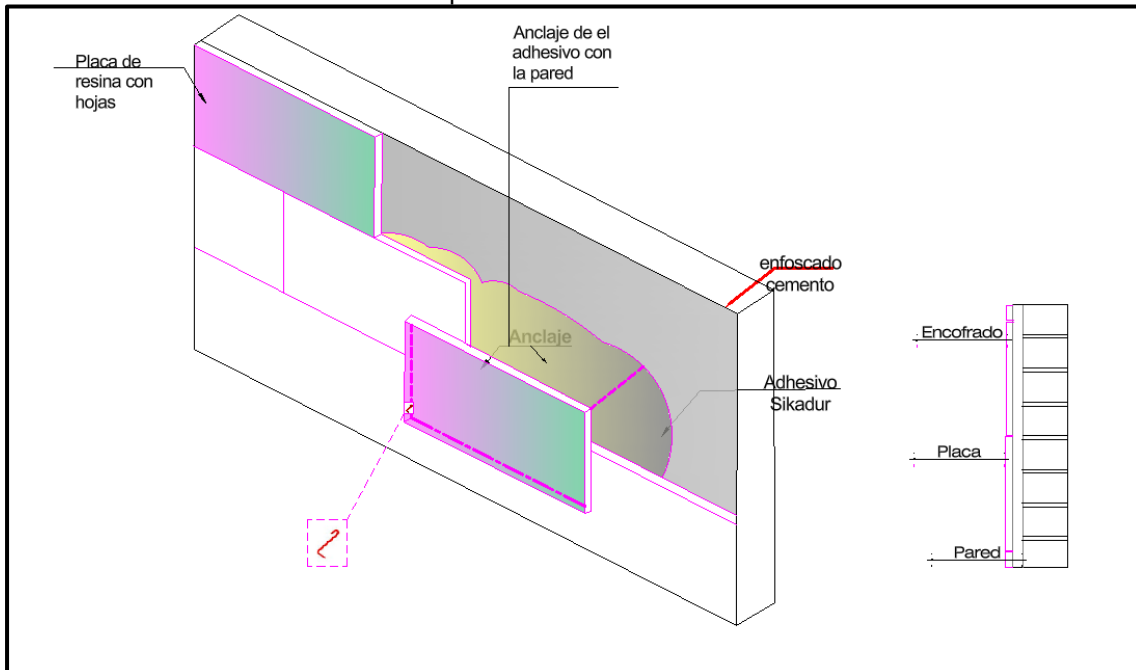
Figura 36
Fachada 3



Elaborado por: Paula, (2024)

Detalle constructivo de ensamble de la placa

Figura 37
Detalle constructivo de ensamble de placa



Elaborado por: Paula, (2024)

- Paso #1: Las superficies deben estar limpias, secas y libres de aceite, grasa y otros contaminantes que puedan afectar la adhesión del adhesivo.
- Paso #2: Aplique el producto mezclado al soporte preparado utilizando brocha, rodillo, aerosol, proyección o llana, asegurando una cobertura uniforme. Para una adhesión óptima, se recomienda aplicar el adhesivo en ambos soportes que se van a unir.
- Paso #3: Mezcle los componentes A y B durante al menos 3 minutos con una batidora eléctrica de bajas revoluciones (máx. 600 rpm) hasta obtener una mezcla de color gris uniforme. Evite introducir aire durante la mezcla. Transfiera la mezcla a un recipiente limpio y bata nuevamente a baja velocidad durante aproximadamente 1 minuto para reducir la inclusión de aire. Prepare solo la cantidad necesaria para usar dentro del tiempo útil de la mezcla.

Estas placas decorativas, hechas de resina y hojas de mango, son ideales para instalar en paredes interiores como en salas, comedores, cocinas y salas de televisión. Su diseño único combina la belleza natural de las hojas de mango con la durabilidad de la resina, aportando un toque distintivo y elegante a cualquier ambiente. Además de su atractivo visual, estas placas son fáciles de limpiar y mantener, y su instalación es simple. Representan una excelente opción para embellecer la decoración de tu hogar con un elemento natural y sofisticado.

Se aplicará en sala para los siguientes renders.

Renders

Figura 38
Aplicación de material es vivienda



Elaborado por: Paula, (2024)

El material se aplicó en el espacio de la sala como tablero decorativo para la TV y pared de la sala utilizando placas de 1,20 x 2,60 metros.

Figura 39

Aplicación de placas decorativas en sala

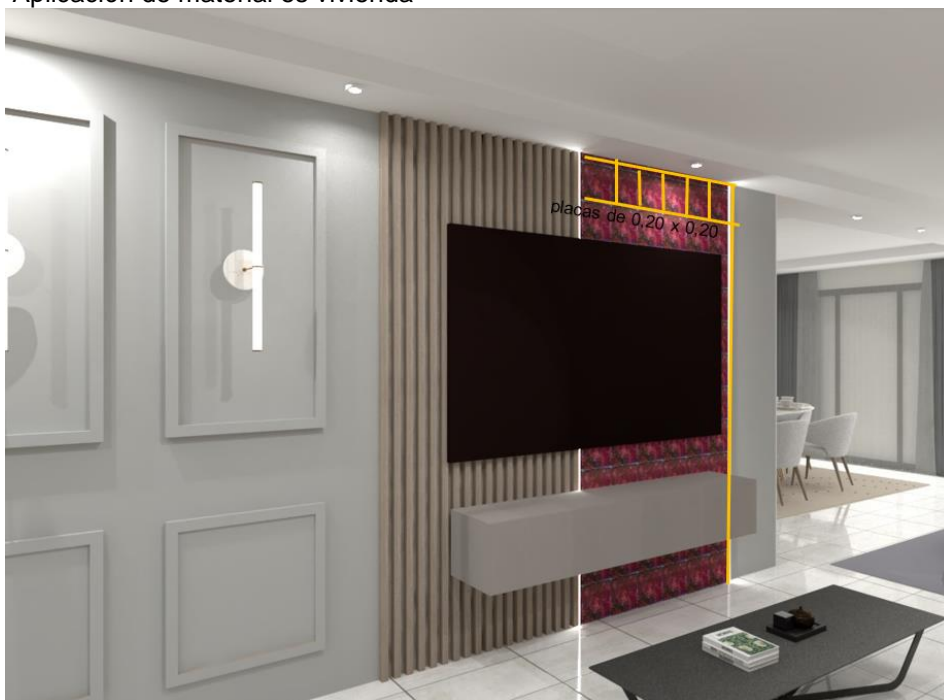


Elaborado por: Paula, (2024)

El material se aplicó en el espacio de la sala como tablero decorativo para la TV y pared de la sala utilizando placas de 1,20 x 2,60 metros.

Figura 40

Aplicación de material es vivienda



Elaborado por: Paula, (2024)

El material se aplicó en el espacio de la sala como tablero decorativo para la TV, utilizando placas de 0,20 x 0,20 metros.

CONCLUSIONES

Propiedades Físicas y Mecánicas: Las pruebas realizadas revelan que las placas fabricadas con hojas de mango presentan un rendimiento sólido tanto en flexión como en compresión, comparable con el de tableros no estructurales tradicionales. El prototipo 1 demostró una resistencia a la compresión y a la flexión de 32.28 MPa, cifras similares a las de los tableros de madera utilizados para fines decorativos.

Viabilidad Económica: En términos de costos, los paneles de pared hechos de hojas secas de mango se presentan como una alternativa económicamente favorable en comparación con los materiales convencionales. Los costos de producción para estos paneles son competitivos, con un ahorro estimado del 20-25% en comparación con tableros comerciales similares. Además, los beneficios adicionales, como la disminución del impacto ambiental y el fomento de la economía circular, posicionan estos paneles como una opción atractiva en la industria de la construcción.

Selección y Uso de Hojas de Mango: Tras evaluar diferentes tipos de hojas, se optó por las hojas de mango debido a su amplia disponibilidad y sus características físicas superiores. Comparadas con otras hojas, las hojas de mango tienen una estructura más densa y uniforme, lo que mejora notablemente la resistencia y durabilidad del material final. Esta elección también es respaldada por los menores costos de adquisición y procesamiento, haciendo que los paneles sean no solo eficaces, sino también rentables.

Impacto Ambiental y Sostenibilidad: Las plantaciones de mango, al satisfacer la alta demanda de frutos, generan una cantidad significativa de residuos, como hojas, que suelen ser desechadas, contribuyendo a la contaminación ambiental. No obstante, estas hojas, que son ricas en celulosa, hemicelulosa y otros compuestos útiles, representan una fuente valiosa y renovable de materia prima. La extracción de polímeros de las hojas y otros subproductos del mango permite su uso en la producción de biocombustibles y en la fabricación de materiales de construcción sostenibles. Al aprovechar estos residuos agrícolas, se fomenta un enfoque más

ecológico y eficiente en la construcción, reduciendo la dependencia de recursos no renovables y mitigando el impacto ambiental asociado a la quema de biomasa.

Estas observaciones subrayan el potencial de los compuestos reforzados con fibras naturales como opciones sostenibles y eficientes en comparación con los materiales tradicionales. Promueven una economía más circular, reducen el impacto ambiental y disminuyen el consumo de energía, destacando su viabilidad en la industria de la construcción.

RECOMENDACIONES

- Seguir investigando y perfeccionando las propiedades de los compuestos termoestables reforzados con hojas de mango para optimizar su rendimiento en términos de térmica, acústica y mecánica.
- Llevar a cabo análisis de ciclo de vida (LCA) para evaluar el impacto ambiental total de los materiales compuestos, desde la recolección de las hojas hasta el final de su vida útil.
- Continuar con la evaluación y mejora de las prácticas de producción para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes.
- Aplicar métodos de gestión de residuos para garantizar que las hojas de mango y otros residuos agrícolas sean recolectados y utilizados de manera eficiente en la fabricación de materiales compuestos.
- Fomentar la integración de materiales compuestos reforzados con fibras naturales en las normativas y estándares de construcción sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adhika Damari, Prasetyo Iwan, Noeriman Abiyoga, Hidayat Nurul, & Widayani. (2020). Sound Absorption Characteristics of Pineapple Leaf/Epoxy Composite. *Archives of Acoustics*, 45(2), 233–240. <https://doi.org/10.24425/aoa.2020.133144>
- Bayas Paula. (2020). *Elaboración de paneles decorativos interiores a partir de los residuos de la piña para viviendas de interés social*. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/3994>
- Brito, F. M. S., Bortoletto Júnior, G., Paes, J. B., Belini, U. L., & Tomazello-Filho, M. (2020). Technological characterization of particleboards made with sugarcane bagasse and bamboo culm particles. *Construction and Building Materials*, 262, 120501. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2020.120501>
- Castaño José. (2018). LAS PLACAS CERÁMICAS DECORADAS TARDOANTIGUAS DE LA SERIE BRACARIO. ALGUNOS APUNTES Y PRECISIONES THE DECORATIVE TILES OF LATE ANTIQUITY BRACARIO TYPE. SOME NOTES AND CLARIFICATIONS JOSÉ MANUEL CASTAÑO AGUILAR. *SPAL*, 27, 255–281. <https://doi.org/10.12795/spal.2018i27.10>
- Código orgánico del ambiente. (2019). *REGLAMENTO AL CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE*. www.lexis.com.ec
- De, B., Bera, M., Bhattacharjee, D., Ray, B. C., & Mukherjee, S. (2024). A comprehensive review on fiber-reinforced polymer composites: Raw materials to applications, recycling, and waste management. *Progress in Materials Science*, 146, 101326. <https://doi.org/10.1016/J.PMATSCI.2024.101326>
- Echeverría Eddie, Andrade Verónica, Dueñas Barberán, M., & Abarca, J. (2024). Louver of Coconut Fiber and Sawdust Bonded with Epoxy Resin. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 871 LNNS, 196–205. https://doi.org/10.1007/978-3-031-52090-7_19/TABLES/5
- FAO. (2022). *PRINCIPALES FRUTAS TROPICALES Análisis del mercado Resultados preliminares 2022*.
- FAO, De La Cruz, & García. (2002). *MANGO Post-harvest Operations-Post-harvest Compendium*. <http://www.itver.edu.mx>
- Frag, E., Alshebani, M., Elhrari, W., Klash, A., & Shebani, A. (2020). Production of particleboard using olive stone waste for interior design. *Journal of Building Engineering*, 29, 101119. <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2019.101119>
- Ferrandez-Garcia, A., Ferrandez-Garcia, M. T., Ortuño, T. G., Mata-Cabrera, F., & Ferrandez-Villena, M. (2021). Analysis of the Manufacturing Variables of Binderless Panels Made of Leaves of Olive Tree (*Olea europaea* L.) Pruning Waste. *Agronomy* 2022, Vol. 12, Page 93, 12(1), 93. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY12010093>
- Gómez Inés. (2017). *PLACAS DE CERÁMICA DECORADAS PALEOCRISTIANAS Y VISIGODAS DEL MUSEO DE HUELVA LA AZULEJERÍA ESPAÑOLA DE LOS SIGLOS XIX-XX*.

- Guna, V., Ilangovan, M., Rather, M. H., Giridharan, B. V., Prajwal, B., Vamshi Krishna, K., Venkatesh, K., & Reddy, N. (2020). Groundnut shell / rice husk agro-waste reinforced polypropylene hybrid biocomposites. *Journal of Building Engineering*, 27, 100991. <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2019.100991>
- Hernández Sampieri. (2019). *Metodologia_de_la_Investigacion_Sampieri*.
- INEN. (2014). *REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO PRTE INEN 238 EMULSIONES ADHESIVAS DE ACETATO DE POLIVINY*.
- INEN. (2016). *NTE INEN 3110 NORMA TÉCNICA ECUATORIANA TABLEROS DE PARTÍCULAS. REQUISITOS*.
- Khan Fazal, Shah Ahmer, Wang Shuo, Mehmood Shah, Wang Jun, Liu Wenbin, & Xu Xiaodong. (2022). A Comprehensive Review on Epoxy Biocomposites Based on Natural Fibers and Bio-fillers: Challenges, Recent Developments and Applications. *Advanced Fiber Materials 2022 4:4*, 4(4), 683–704. <https://doi.org/10.1007/S42765-022-00143-W>
- Kumar, S., Prasad, L., Patel, V. K., Kumar, V., Kumar, A., Yadav, A., & Winczek, J. (2021). Physical and Mechanical Properties of Natural Leaf Fiber-Reinforced Epoxy Polyester Composites. *Polymers 2021, Vol. 13, Page 1369, 13(9)*, 1369. <https://doi.org/10.3390/POLYM13091369>
- Lal Kanhaya, Kumar Raushan, & Das Sunanda. (2023). *Hydration studies of Mango Leaf ash blended with Ordinary Portland cement. 12*. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/3dc72182-c7eb-4abf-beb1-1787fb0d6949/content>
- Liuzzi, S., Rubino, C., Martellotta, F., Stefanizzi, P., Casavola, C., & Pappalettera, G. (2020). Characterization of biomass-based materials for building applications: The case of straw and olive tree waste. *Industrial Crops and Products*, 147, 112229. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2020.112229>
- Mahalingam, J. (2024). Mechanical, thermal, and water absorption properties of hybrid short coconut tree primary flower leaf stalk fiber/glass fiber-reinforced unsaturated polyester composites for biomedical applications. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 14(6), 7543–7554. <https://doi.org/10.1007/S13399-022-02958-4/FIGURES/16>
- Maraveas, C. (2020). Production of Sustainable Construction Materials Using Agro-Wastes. *Materials 2020, Vol. 13, Page 262, 13(2)*, 262. <https://doi.org/10.3390/MA13020262>
- Masturi, Jannah, W. N., Maulana, R. M., Darsono, T., Sunarno, T., & Rustad, S. (2020). Mechanical and physical properties of teak leaves waste/polyurethane composites for particleboard application. *Advanced Composites Letters*, 29. https://doi.org/10.1177/2633366X20962507/ASSET/IMAGES/LARGE/10.1177_2633366X20962507-FIG8.JPEG
- Medio ambiente. (2024). *LEY FORESTAL Y DE CONSERVACION DE AREAS NATURALES Y VIDA SILVESTRE Estado: Vigente*. www.lexis.com.ec

- Mera César, & Salazar Christopher. (2021). *Elaboración de un panel contrachapado a base de hojas de choclo y cascara de palma africana para usarlo como separador de ambientes interiores*. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/4690>
- NU, & ODS. (2023). *Infraestructura - Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/infrastructure/>
- ONU. (2023). *Materiales de construcción y el clima: Construyendo un nuevo futuro | UNEP - UN Environment Programme*. <https://www.unep.org/es/resources/informe/materiales-de-construccion-y-el-clima-construyendo-un-nuevo-futuro>
- Parente, A. G., Soares, W. da S., de Oliveira, H. P., de Freitas, S. T., & Neri, D. F. de M. (2023). Polymers and mango (*Mangifera indica* L.): a systematic literature review on potential value and application. *Journal of Food Measurement and Characterization* 2023 18:1, 18(1), 168–183. <https://doi.org/10.1007/S11694-023-02128-8>
- Qi. (2023). *Las hojas secas de los árboles, ¿no son basura!* - Qi Argentina. <https://qiarg.org/2023/05/13/las-hojas-secas-de-los-arboles-no-son-basura/>
- Rajamanikandan, Banumathi, & Asokan. (2022). *Performance Analysis Of Electrical Properties Of Resin Transfer Molded Banana Leaf Reinforced Polymer Composites*.
- Raji, S., Sharma, G. K., Aranya, B. R., & Prabhakaran, K. (2023). Carbon composite foams from the wasted banana leaf for EMI shielding and thermal insulation. *Carbon*, 213, 118259. <https://doi.org/10.1016/J.CARBON.2023.118259>
- Ridzuan, M. J. M., Abdul Majid, M. S., Khasri, A., Gan, E. H. D., Razlan, Z. M., & Syahrullail, S. (2019). Effect of pineapple leaf (PALF), napier, and hemp fibres as filler on the scratch resistance of epoxy composites. *Journal of Materials Research and Technology*, 8(6), 5384–5395. <https://doi.org/10.1016/J.JMRT.2019.09.005>
- Rohit Jadhao, Vijayshri Mahobiya, Prasad Baban, DhoreRoundal Vijay, Gorane Prathamesh Sudhakar, Vijaykumar Javanjal, Mangesh Kale, & Pranav Charkha. (2024). *Vista del Análisis Experimental de Ensayos Mecánicos en una Placa Compuesta de Fibra de Plátano*. <https://internationalpubls.com/index.php/cana/article/view/562/443>
- Satoto, R., Ahmadi, R., Rusdiana, D., Ernawaty, E., Syampurwadi, A., Hanif, A., & Abdullah, D. (2022). Plastic Composites Using Mango Leaf Waste for Cost Effectiveness and Green Environment. *Jurnal Kimia Valensi*, 8(1), 30–41. <https://doi.org/10.15408/jkv.v8i1.24557>
- Shundo, A., Yamamoto, S., & Tanaka, K. (2022). Network Formation and Physical Properties of Epoxy Resins for Future Practical Applications. *JACS Au*, 2(7), 1522–1542. https://doi.org/10.1021/JACSAU.2C00120/ASSET/IMAGES/LARGE/AU2C00120_0024.JPEG
- Singh, S., Ghorai, M. K., & Kar, K. K. (2022). Fly ash-reinforced epoxy composites. *Handbook of Fly Ash*, 335–356. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817686-3.00002-5>
- Tarrsini, M., Ng, Q. H., Teoh, Y. P., Shuit, S. H., Ooi, Z. X., & Kunasundari, B. (2023). Structural and composition modification of Harum Manis mango (*Mangifera indica*) leaves via chemical

pretreatment for bioethanol production. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13(5), 3987–3999. <https://doi.org/10.1007/S13399-021-01469-Y/TABLES/4>

Ubillus Gabriel. (2020). *Panel decorativo polifuncional en base de mezcla de aserrín y estopa de coco para ambientes interiores en edificaciones*. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/3617>

Uppal, N., Pappu, A., Gowri, V. K. S., & Thakur, V. K. (2022). Cellulosic fibres-based epoxy composites: From bioresources to a circular economy. *Industrial Crops and Products*, 182, 114895. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2022.114895>