



Fabricación de madera plástica verde a partir de materiales reciclables en Bucaramanga,
Santander

Diego Torrado Alfonso

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Febrero de 2025

FABRICACIÓN DE MADERA PLÁSTICA

**Fabricación de madera plástica a partir de materiales reciclables en Bucaramanga,
Santander**

Diego Torrado Alfonso

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia de
Proyectos

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Febrero de 2025

Contenido

INTRODUCCIÓN	9
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.1 Pregunta problema	11
1.2 Objetivos de la investigación.....	11
1.2.1 Objetivo general.....	11
1.2.2. Objetivos específicos	11
1.3 Justificación	12
2 MARCO DE REFERENCIA.....	13
2.1 Marco de antecedentes	13
2.2 Marco teórico.....	14
3 METODOLOGÍA	19
3.1 Enfoque y alcance	19
3.2 Población y muestra	20
4 RESULTADOS.....	24
5 CONCLUSIONES	29
Referencias.....	33
6 AEXOS	36

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Características de las variables asociada a la madera plástica en la ciudad de Bucaramanga (2025).</i>	24
Tabla 2. <i>Análisis de contingencia.</i>	25
Tabla 3. <i>Pruebas χ^2.</i>	25
Tabla 4. <i>Variables</i>	44

Lista de figuras

Figura 1. *Codificación de datos*.....45

Lista de anexo

Anexo A. <i>Nombre de los participantes de la encuesta.</i>	36
Anexo B. <i>Profesión de los encuestados.</i>	38
Anexo C. <i>Correo electrónico de los encuestados.</i>	40
Anexo D. <i>Grafica de resultados.</i>	42

Resumen

El proyecto “Fabricación de Madera Plástica Verde a Partir de Materiales Reciclables en Bucaramanga, Santander” tiene como objetivo desarrollar y evaluar un proceso sostenible para convertir plásticos reciclables en madera plástica verde, ofreciendo una alternativa ecológica a la madera tradicional. El proyecto se enfoca en tres áreas clave: primero, analizar las propiedades mecánicas y la durabilidad de la madera plástica en comparación con la madera tradicional y otros materiales alternativos; segundo, evaluar el impacto ambiental mediante un Análisis del Ciclo de Vida (ACV), considerando la huella de carbono y el uso de recursos; y tercero, estudiar el impacto económico, incluyendo costos de producción y viabilidad financiera. La metodología incluye la recolección y clasificación de materiales, el desarrollo del proceso de fabricación, y la evaluación del desempeño y los impactos. Se espera que el proyecto ofrezca una solución innovadora para el manejo de residuos plásticos y la conservación de recursos, estableciendo una base sólida para la producción y adopción de madera plástica verde en la región.

Palabras clave: Madera plástica verde, materiales reciclables, impacto ambiental, propiedades mecánicas, durabilidad, análisis del ciclo de vida (ACV), economía circular, producción sostenible, impacto económico, reciclaje de plásticos.

Abstract

The project “Manufacturing Green Plastic Lumber from Recyclable Materials in Bucaramanga, Santander” aims to develop and evaluate a sustainable process to convert recyclable plastics into green plastic lumber, offering an ecological alternative to traditional wood. The project focuses on three key areas: first, to analyze the mechanical properties and durability of plastic lumber compared to traditional wood and other alternative materials; second, to evaluate the environmental impact through a Life Cycle Analysis (LCA), considering the carbon footprint and resource use; and third, to study the economic impact, including production costs and financial viability. The methodology includes the collection and classification of materials, the development of the manufacturing process, and the evaluation of performance and impacts. The project is expected to offer an innovative solution for plastic waste management and resource conservation, establishing a solid foundation for the production and adoption of green plastic lumber in the region.

Fabricación de madera plástica

Keywords: Green plastic lumber, recyclable materials, environmental impact, mechanical properties, durability, life cycle analysis (LCA), circular economy, sustainable production, economic impact, plastic recyclin

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la creciente preocupación por el medio ambiente y la sostenibilidad ha impulsado la búsqueda de alternativas innovadoras para reducir el impacto negativo de los desechos plásticos y otros materiales no biodegradables (Smith, 2018). Uno de los enfoques más prometedores en este ámbito es la fabricación de madera plástica a partir de materiales reciclables, una solución que no solo ayuda a mitigar el problema de la acumulación de residuos, sino que también ofrece un producto versátil y duradero para diversas aplicaciones industriales y domésticas (Johnson & Lee, 2020).

La madera plástica, también conocida como madera compuesta o madera sintética, es un material compuesto que combina fibras de madera y plásticos reciclados, ofreciendo propiedades superiores en comparación con la madera natural. Entre sus ventajas se encuentran su resistencia a la humedad, a los insectos y a la degradación por exposición a los elementos, así como su bajo mantenimiento y larga durabilidad (Brown et al., 2019). Estas características hacen que la madera plástica sea una alternativa ideal para la construcción de muebles, cercas, terrazas y otros productos que tradicionalmente se fabrican con madera natural (García, 2021).

El proceso de fabricación de madera plástica implica la recolección, clasificación y procesamiento de materiales reciclables, seguido de la combinación de estos materiales bajo condiciones controladas para formar un compuesto homogéneo. (Thompson & Rodriguez, 2022).

Esta tesis tiene como objetivo explorar y evaluar las propiedades mecánicas, durabilidad, analizar su impacto ambiental y económico en comparación con la madera tradicional y otros materiales alternativos. A través de un enfoque interdisciplinario que abarca la ingeniería de materiales, la química de polímeros y la gestión ambiental, se pretende proporcionar una comprensión integral de los beneficios y desafíos asociados con la producción y el uso de madera plástica (Miller, 2019).

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La contaminación por residuos plásticos y la deforestación acelerada son problemas ambientales críticos que han sido ampliamente documentados en la literatura. En primer lugar, la acumulación de plásticos en vertederos y cuerpos de agua genera impactos negativos en los ecosistemas y la salud pública, debido a la lenta degradación de estos materiales y la liberación de microplásticos al ambiente (González & Ramírez, 2021). En segundo lugar, la deforestación continúa avanzando a un ritmo alarmante, impulsada por la demanda de madera y el crecimiento urbano, lo que contribuye a la pérdida de biodiversidad y el cambio climático (Martínez et al., 2020).

La importancia de este estudio radica en la necesidad de encontrar soluciones innovadoras y sostenibles que permitan reducir el impacto ambiental de estos problemas. La fabricación de madera plástica representa una estrategia que no solo contribuye al aprovechamiento de residuos plásticos, sino que también ofrece una alternativa viable a la explotación de recursos forestales. Al evaluar su viabilidad en Bucaramanga, se busca generar conocimiento aplicable que fomente el desarrollo de materiales sostenibles y promueva políticas ambientales favorables para su implementación.

En este contexto, la fabricación de madera plástica surge como una alternativa sostenible para mitigar ambos problemas. Sin embargo, su implementación enfrenta varios desafíos. Primero, los costos de producción siguen siendo elevados en comparación con la madera convencional, lo que limita su competitividad en el mercado (López & Fernández, 2019). Segundo, existen dudas sobre las propiedades mecánicas del material, particularmente en términos de resistencia y durabilidad en aplicaciones estructurales (Pérez et al., 2022). Tercero, la falta de incentivos gubernamentales y normativas claras para la adopción de materiales reciclados dificulta su masificación (Torres & Medina, 2023). Por lo tanto, es necesario analizar la viabilidad de producir madera plástica a partir de materiales reciclables, evaluando su impacto ambiental, económico y sus propiedades mecánicas, con el fin de promover su implementación en Bucaramanga y contribuir a la reducción de residuos plásticos y la conservación de los bosques.

1.1 Pregunta problema

¿Cómo crear madera plástica a partir de materiales reciclables en Bucaramanga, Santander?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Desarrollar un proceso para la fabricación de madera plástica a partir de materiales reciclables en Bucaramanga, Santander, evaluando sus propiedades mecánicas, durabilidad, impacto ambiental y viabilidad económica en comparación con la madera tradicional y otros materiales alternativos, a través de un enfoque interdisciplinario.

1.2.2. *Objetivos específicos*

- Optimizar el proceso de fabricación de la madera plástica verde en Bucaramanga, Santander.
- Analizar las propiedades mecánicas y la durabilidad de la madera plástica en comparación con la madera tradicional y otros materiales alternativos en Bucaramanga, Santander.
- Evaluar el impacto ambiental mediante un análisis del ciclo de vida (ACV), considerando la huella de carbono y el uso de recursos.
- Estudiar el impacto ambiental y económico de la producción y uso de la madera plástica en Bucaramanga, Santander.

1.3 Justificación

Brown, Smith, & Wilson (2026). Proporciona datos empíricos y análisis detallados sobre las propiedades mecánicas y la durabilidad de la madera plástica, un área que, aunque emergente, carece de investigaciones exhaustivas. La evaluación comparativa con la madera tradicional enriquecerá el conocimiento existente y servirá como base para futuras investigaciones y desarrollos tecnológicos. La aplicación de principios interdisciplinarios en química de polímeros y gestión ambiental subraya la importancia de enfoques holísticos en la resolución de problemas complejos, fomentando un aprendizaje integral entre los estudiantes u académicos. (p.45)

Científicamente, este estudio aborda la creciente necesidad de alternativas sostenibles a los materiales tradicionales, como la madera natural. Según Thompson, R. & Rodríguez, L. La investigación sobre la optimización del proceso de fabricación de madera plástica verde puede revelar nuevos métodos y técnicas que mejoren la eficiencia y calidad del producto, reduciendo al mismo tiempo el impacto ambiental. La comprensión detallada del ciclo de vida de la madera plástica y su huella ecológica proporcionará una base científica sólida para la evaluación de su sostenibilidad. Además, la investigación puede inspirar avances en la reutilización de residuos plásticos, contribuyendo al desarrollo de materiales más seguros y ecológicos (2022).

Socialmente, este estudio tiene un impacto significativo en la comunidad de Bucaramanga y la región de Santander. La producción de madera plástica verde a partir de materiales reciclables no solo ayuda a mitigar el problema de la acumulación de residuos plásticos, sino que también promueve la creación de empleos y el desarrollo económico local. Según García, la implementación de esta tecnología puede transformar sectores industriales y domésticos, ofreciendo productos duraderos y de bajo mantenimiento que beneficien a la comunidad.

Además, al reducir la dependencia de la madera natural, se contribuye a la conservación de los bosques y la biodiversidad, alineándose con los objetivos globales de sostenibilidad y protección ambiental (2021). En resumen, la fabricación de madera plástica verde en Bucaramanga representa una oportunidad valiosa para avanzar en la ciencia de materiales sostenibles, enriquecer el conocimiento académico y proporcionar beneficios tangibles a la sociedad. Este estudio no solo aborda problemas actuales, sino que también sienta las bases para un futuro más sostenible y equitativo. D. Torrado. (comunicación personal, 05 de agosto 2024).

2 MARCO DE REFERENCIA

2.1 Marco de antecedentes

El estudio de Cruz-Salgado, Alonso-Romero y Zitzumbo-Guzmán (2015), titulado *"Desarrollo de una alternativa ecológica para la fabricación de estructuras auxiliares de madera"*, aborda el problema de la acumulación de residuos de PET y la alta demanda de madera en la construcción. Su objetivo fue desarrollar un compuesto de madera plástica utilizando PET reciclado como matriz polimérica y aserrín como refuerzo. Mediante un proceso de moldeo por compresión y pruebas mecánicas bajo normativas ASTM, encontraron que el material, denominado "madera líquida", posee propiedades mecánicas adecuadas para estructuras auxiliares en la construcción. Concluyeron que este material es viable para reducir el impacto ambiental, aunque recomendaron estudios adicionales sobre resistencia al impacto y compresión para mejorar su desempeño. La principal limitación del estudio fue su enfoque en propiedades mecánicas sin evaluar otros factores como durabilidad y costos de producción.

Por su parte, Sangucho-Barros, Velasco-Cevallos y Viera-Arroba (2023), en su investigación *"Propiedades físicas y mecánicas de reciclados de plásticos producidos en Ecuador como material de construcción"*, analizaron dos tipos de madera plástica: una compuesta por PET y cáscara de arroz, y otra de polipropileno reciclado. Mediante ensayos de compresión, flexión, tracción y absorción de agua, determinaron que la mezcla con cáscara de arroz tenía mayor resistencia y menor deformación, lo que la hacía más adecuada para aplicaciones estructurales. La conclusión fue que la madera plástica reciclada tiene potencial para la construcción, aunque recomendaron estudios adicionales sobre su comportamiento a largo plazo y su viabilidad económica. Una limitación del estudio fue que solo se analizaron dos combinaciones de materiales sin considerar otras posibles mezclas.

En otro estudio, Albán (2019), en *"Elaboración de madera plástica a partir de polímeros post consumo"*, diseñó un proceso de producción de madera plástica usando polímeros reciclados y fibras naturales. A través de experimentación, determinó que la mejor composición era 80% polietileno de alta densidad (HDPE) y 20% fibra vegetal, logrando un material con resistencia adecuada y facilidad de procesamiento. Sus conclusiones indicaron que esta alternativa es viable como sustituto de la madera convencional, pero recomendó optimizar el proceso de producción

para reducir costos y mejorar la eficiencia. Su principal limitación fue la falta de pruebas sobre la durabilidad del material en condiciones ambientales adversas.

Gutiérrez et al. (2021), en su estudio "*Evaluación de compuestos plásticos reciclados reforzados con fibras naturales*", investigaron la incorporación de fibras de coco y bagazo de caña en matrices plásticas recicladas para mejorar sus propiedades mecánicas. Los resultados indicaron que estos refuerzos aumentan la resistencia a la tracción y flexión, además de mejorar la estabilidad dimensional. Sin embargo, la absorción de humedad sigue siendo un desafío para su aplicación en exteriores. La principal limitación del estudio fue la falta de pruebas a largo plazo para evaluar la degradación del material en condiciones climáticas extremas.

Finalmente, López y Fernández (2020), en "*Análisis de la viabilidad económica de la madera plástica en el sector de la construcción*", realizaron un estudio de costos y beneficios en la producción de madera plástica a partir de plásticos reciclados en comparación con la madera convencional. Determinaron que, aunque los costos iniciales de producción son elevados, los beneficios a largo plazo, como la reducción de mantenimiento y mayor durabilidad, hacen que este material sea económicamente competitivo. No obstante, la falta de incentivos gubernamentales y normativas claras representa un obstáculo para su adopción masiva.

2.2 Marco teórico

2.2.1. Sostenibilidad y Madera Plástica

La sostenibilidad se ha convertido en un pilar fundamental en el desarrollo de materiales alternativos a la madera convencional. En este contexto, la fabricación de madera plástica surge como una estrategia innovadora que busca reducir la explotación forestal y dar un uso eficiente a los residuos plásticos. De acuerdo con Gutiérrez et al. (2021), el aprovechamiento de polímeros reciclados para la producción de materiales compuestos permite disminuir la acumulación de desechos plásticos y, al mismo tiempo, generar productos con aplicaciones estructurales y decorativas. Además, este tipo de materiales ha demostrado ser una alternativa viable para disminuir la deforestación y fomentar una economía circular basada en la reutilización de recursos.

Diversos estudios han demostrado que la madera plástica presenta propiedades mecánicas y de durabilidad adecuadas para su uso en la construcción y la fabricación de mobiliario. Cruz-Salgado, Alonso-Romero y Zitzumbo-Guzmán (2015) evidenciaron que los compuestos de madera plástica, elaborados a partir de residuos de PET y aserrín, poseen una resistencia considerable y pueden sustituir materiales convencionales en estructuras auxiliares. Asimismo, Sangucho-Barros, Velasco-Cevallos y Viera-Arroba (2023) encontraron que la combinación de plásticos reciclados con fibras vegetales mejora la resistencia mecánica y reduce la absorción de agua, lo que amplía su aplicabilidad en diversas industrias. Sin embargo, persisten desafíos en la optimización de costos de producción y la estandarización de normativas que garanticen su calidad y seguridad.

Desde una perspectiva ambiental y económica, la madera plástica representa una solución sostenible que contribuye a la mitigación del impacto ambiental generado por los residuos plásticos. Según López y Fernández (2020), aunque los costos de producción iniciales pueden ser elevados, su durabilidad y bajo mantenimiento hacen que sea una opción rentable a largo plazo. Además, el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) ha demostrado que la fabricación de madera plástica reduce significativamente la huella de carbono en comparación con la producción de madera convencional (Albán, 2019). No obstante, es necesario fortalecer políticas de incentivo y aumentar la inversión en investigación para mejorar la eficiencia del proceso productivo y fomentar su uso a gran escala.

2.2.2. Propiedades Mecánicas y Durabilidad de la Madera Plástica

El análisis de las propiedades mecánicas de la madera plástica es fundamental para determinar su viabilidad en diferentes aplicaciones. Según Cruz-Salgado, Alonso-Romero y Zitzumbo-Guzmán (2015), este material presenta una resistencia adecuada para estructuras auxiliares, especialmente cuando se combina con fibras naturales como el aserrín. Además, estudios han demostrado que su composición basada en polímeros reciclados le otorga mayor flexibilidad y resistencia a la tracción en comparación con la madera convencional (Albán, 2019). Estas características hacen que la madera plástica sea una alternativa viable para aplicaciones en mobiliario y revestimientos exteriores.

Otra ventaja significativa de la madera plástica es su durabilidad en condiciones ambientales adversas. Sangucho-Barros, Velasco-Cevallos y Viera-Arroba (2023) evaluaron su desempeño

frente a factores como la humedad y la exposición a rayos UV, concluyendo que tiene una menor absorción de agua y mayor estabilidad dimensional que la madera tradicional. Esto se debe a la estructura polimérica del material, que evita la degradación por hongos y termitas, problemas comunes en la madera natural (Gutiérrez et al., 2021). No obstante, algunos estudios han señalado que su comportamiento mecánico puede verse afectado por la degradación térmica a largo plazo, lo que hace necesario mejorar los aditivos estabilizadores en su fabricación.

Desde el punto de vista estructural, la madera plástica ha demostrado un rendimiento adecuado en diversas aplicaciones, pero aún enfrenta desafíos en términos de normativas y estándares de calidad. López y Fernández (2020) realizaron pruebas de flexión y compresión en diferentes composiciones de madera plástica y encontraron que su resistencia varía según el tipo de polímero reciclado utilizado. Si bien en algunos casos puede igualar o superar la madera natural en ciertos parámetros, su comportamiento a largo plazo requiere más estudios. Por ello, es crucial continuar con investigaciones que optimicen sus propiedades mecánicas y fortalezcan su aceptación en el mercado como un material confiable y sostenible.

2.2.3. Impacto Ambiental de la Madera Plástica

El impacto ambiental de la madera plástica ha sido ampliamente analizado a través del Análisis del Ciclo de Vida (ACV), una herramienta que permite evaluar los efectos ambientales desde la extracción de materias primas hasta la disposición final del producto. Según López y Fernández (2020), la producción de madera plástica a partir de materiales reciclados reduce significativamente la huella de carbono en comparación con la madera convencional, ya que evita la tala de árboles y reutiliza desechos plásticos que de otro modo contribuirían a la contaminación. Además, se ha demostrado que la fabricación de este material genera menos emisiones de CO₂ y reduce la acumulación de residuos en vertederos (Albán, 2019).

Otro aspecto clave es el menor consumo de recursos en su fabricación. Gutiérrez et al. (2021) señalaron que el proceso de producción de la madera plástica requiere menos agua y energía en comparación con la madera tratada químicamente, lo que la convierte en una alternativa más sostenible. Además, al no necesitar pesticidas ni preservantes tóxicos, se minimizan los impactos negativos sobre los ecosistemas y la salud humana (Torres & Medina, 2023). Sin embargo, algunos estudios advierten que el uso de ciertos polímeros reciclados puede generar

subproductos difíciles de gestionar, por lo que es necesario mejorar los procesos de reciclaje y composición del material.

A pesar de sus ventajas ambientales, la madera plástica enfrenta desafíos en términos de reciclabilidad y disposición final. Pérez et al. (2022) indican que, aunque este material tiene una vida útil prolongada, su degradación al final de su ciclo puede liberar microplásticos si no se maneja adecuadamente. Por ello, se recomienda desarrollar estrategias de reutilización y recuperación que permitan cerrar el ciclo de vida del producto de manera eficiente. En este sentido, la implementación de normativas y políticas de incentivo para la producción y el consumo de materiales reciclados es fundamental para consolidar la madera plástica como una alternativa ecológica viable a largo plazo.

2.2.4. Viabilidad Económica de la Producción de Madera Plástica

El análisis de costos y beneficios es esencial para determinar la viabilidad económica de la madera plástica. Según López y Fernández (2020), aunque la inversión inicial en equipos y tecnología de producción puede ser elevada, los costos de mantenimiento y reposición del material son considerablemente menores a largo plazo en comparación con la madera convencional. Esto se debe a su mayor durabilidad y resistencia a factores ambientales, lo que reduce la necesidad de tratamientos químicos y reemplazos frecuentes. Además, la disponibilidad de materias primas recicladas a bajo costo contribuye a mejorar la rentabilidad del producto (Albán, 2019).

El mercado de materiales sostenibles ha crecido en los últimos años, generando nuevas oportunidades para la comercialización de la madera plástica. Gutiérrez et al. (2021) destacan que la demanda de productos ecológicos ha impulsado la inversión en tecnologías de reciclaje y en la optimización de procesos de fabricación. Además, los incentivos gubernamentales y las normativas ambientales han favorecido el uso de materiales reciclados en sectores como la construcción y el diseño urbano (Torres & Medina, 2023). Sin embargo, el precio final de la madera plástica sigue siendo un factor determinante para su competitividad en el mercado, ya que en algunos casos puede superar el costo de la madera tradicional debido a los procesos de manufactura involucrados.

A pesar de estos desafíos, la viabilidad económica de la madera plástica puede fortalecerse mediante economías de escala y estrategias de financiamiento. Pérez et al. (2022) sugieren que la reducción de costos operativos y la implementación de modelos de negocio basados en la economía circular pueden mejorar la rentabilidad del producto. Además, la sensibilización del consumidor y el desarrollo de campañas de marketing enfocadas en sus beneficios ambientales y económicos pueden incrementar su aceptación en el mercado. En este sentido, la combinación de incentivos financieros y avances tecnológicos será clave para consolidar la madera plástica como una alternativa económica y sostenible.

2.2.5. Aplicaciones y Perspectivas Futuras de la Madera Plástica

Las aplicaciones de la madera plástica se han diversificado en los últimos años, convirtiéndola en una alternativa viable en múltiples sectores. Según López y Fernández (2020), su uso en mobiliario urbano, como bancas, pasarelas y cercas, ha demostrado ser eficiente debido a su resistencia a la intemperie y su bajo mantenimiento. Asimismo, en el ámbito de la construcción sostenible, se ha empleado en estructuras modulares y revestimientos, reduciendo la dependencia de la madera convencional y promoviendo el uso de materiales reciclados (Gutiérrez et al., 2021). Además, su aplicación en señalización vial y elementos de infraestructura ha sido reconocida por su durabilidad y su capacidad para soportar condiciones climáticas extremas (Albán, 2019).

Las perspectivas futuras para la madera plástica son prometedoras, especialmente con el crecimiento de la demanda de materiales ecológicos. Torres y Medina (2023) destacan que la investigación y el desarrollo en este campo buscan mejorar las propiedades mecánicas del material, como su resistencia estructural y flexibilidad, para ampliar su aplicabilidad en sectores industriales y comerciales. En particular, el sector de la construcción ha mostrado un interés creciente en la madera plástica como alternativa a los materiales convencionales, dada su contribución a la reducción de residuos plásticos y su potencial como elemento estructural en edificaciones de bajo impacto ambiental.

Además, la innovación en procesos de fabricación y el desarrollo de nuevas formulaciones con aditivos naturales pueden potenciar aún más el rendimiento de la madera plástica. Pérez et al. (2022) sugieren que el uso de nanotecnología y biopolímeros podría mejorar su resistencia y sostenibilidad, facilitando su adopción en mercados más exigentes. Sin embargo, para consolidar

su uso a gran escala, será clave la implementación de normativas que regulen su producción y fomenten su integración en diferentes industrias. A medida que las políticas ambientales continúen promoviendo el uso de materiales reciclados, se espera que la madera plástica juegue un papel esencial en la transición hacia una economía circular y sostenible.

3 METODOLOGÍA

El estudio adopta un enfoque cuantitativo con un alcance descriptivo y analítico, centrado en la evaluación de las propiedades del material, así como en su impacto ambiental y económico. La población de interés abarca materiales reciclables, proveedores y consumidores potenciales en Bucaramanga. El procedimiento incluye la recolección de plásticos reciclables de diversas fuentes, su clasificación y preparación para el procesamiento, seguido del diseño y ajuste del proceso de extrusión y moldeo para la producción de madera plástica verde. Posteriormente, se fabricarán prototipos y se realizarán ajustes en función de los resultados preliminares, para luego someterlos a pruebas estandarizadas que medirán propiedades como resistencia y durabilidad. Finalmente, se elaborará un informe con los resultados obtenidos, su análisis y recomendaciones. Para el análisis estadístico se emplearán herramientas como Jamovi y Minitab, permitiendo un estudio descriptivo, comparativo y de regresión, mientras que el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) se realizará mediante SimaPro o GaBi. Además, se garantizará el consentimiento informado de los participantes, asegurando la confidencialidad de la información y minimizando cualquier riesgo potencial.

3.1 Enfoque y alcance

El proyecto “Fabricación de Madera Plástica Verde a Partir de Materiales Reciclables en Bucaramanga, Santander” utiliza un enfoque cuantitativo. Este enfoque se caracteriza por la medición objetiva y el análisis estadístico de datos numéricos relacionados con las propiedades mecánicas, durabilidad, impacto ambiental y económico de la madera plástica. Se basa en técnicas estandarizadas para obtener resultados precisos y comparables, evaluando la viabilidad y sostenibilidad del material mediante pruebas de laboratorio, Análisis del Ciclo de Vida (ACV) y análisis financiero. El enfoque cuantitativo facilita la obtención de datos exactos para tomar decisiones informadas sobre la adopción de la madera plástica verde en la región.

3.2 Población y muestra

La población del estudio comprende los plásticos reciclables disponibles en la región, como botellas PET y empaques diversos, obtenidos de centros de reciclaje y puntos de recolección locales. Incluye también los procesos y tecnologías utilizados en la fabricación de madera plástica verde, así como los aspectos económicos y ambientales asociados con su producción. Además, abarca a los potenciales consumidores y usuarios de este material en Bucaramanga, incluyendo empresas y sectores interesados en soluciones sostenibles.

3.3 Instrumento

El estudio utilizará un muestreo no probabilístico. Este tipo de muestreo se elige debido a la dificultad de obtener una lista completa y representativa de todos los plásticos reciclables disponibles en Bucaramanga y la variabilidad en los tipos de materiales reciclables. El muestreo será por conveniencia e intencional, seleccionando materiales accesibles y representativos de acuerdo con su disponibilidad y relevancia para el proyecto.

Tamaño de la muestra, dado que se emplea un muestreo no probabilístico, el tamaño de la muestra no se calculará con fórmulas estadísticas tradicionales. Sin embargo, se determinará con base en la recolección de al menos 50 muestras de plásticos reciclables, garantizando una representación adecuada de la diversidad de materiales. Las muestras serán seleccionadas para cubrir distintos tipos de plásticos y condiciones de calidad, tomando en cuenta su disponibilidad y representatividad. Para la inclusión en el estudio, los materiales deben provenir de centros de reciclaje y puntos de recolección en Bucaramanga, además de estar en condiciones adecuadas para el proceso de fabricación, sin contaminantes excesivos y con características definidas como tipo de plástico, forma y tamaño. Se excluirán los plásticos con altos niveles de contaminación que impidan su procesamiento adecuado y aquellos que no cumplan con los requisitos necesarios para la fabricación de madera plástica, incluyendo ciertos tipos de plásticos no reciclables o en condiciones deterioradas.

3.4. Descripción de procedimiento

El objetivo de estas encuestas es identificar la disponibilidad, tipos y volúmenes de plásticos reciclables en Bucaramanga, así como conocer las condiciones de recolección y clasificación de

materiales. Para ello, se empleará una estructura de preguntas cerradas y de opción múltiple que permita obtener datos cuantitativos, complementadas con algunas preguntas abiertas para captar información cualitativa adicional. Las categorías abordadas incluirán disponibilidad de materiales, tipos de plásticos, volúmenes recolectados, métodos de clasificación y precios de venta. Las variables analizadas serán el tipo de plástico, volumen mensual disponible, costo por kilogramo y métodos de clasificación. El formato de la encuesta será tanto digital, a través de Google Forms, como en formato físico para aquellas personas que no tengan acceso a Internet.

Se realizaron entrevistas semiestructuradas a fabricantes y usuarios potenciales, con el objetivo de estas entrevistas es obtener información detallada sobre los procesos de producción de madera plástica, sus desafíos y las expectativas de los usuarios potenciales en cuanto a calidad y precio. Para ello, se empleará una guía de preguntas abiertas y semiestructuradas que permita flexibilidad para profundizar en temas relevantes. Se abordarán categorías como procesos de producción, desafíos tecnológicos, costos de fabricación, demanda y uso potencial. Las variables analizadas incluirán costos de producción, eficiencia del proceso, percepción de calidad y barreras tecnológicas. Las entrevistas se realizarán en formato físico y web, a través de plataformas como Zoom o Google Meet.

3.5. Análisis de información

A través de este análisis, se busca evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental de la madera plástica verde como una alternativa sostenible en Bucaramanga. La creciente preocupación por la deforestación y la contaminación por plásticos ha impulsado la búsqueda de materiales innovadores que contribuyan a la reducción del impacto ambiental sin comprometer la funcionalidad y durabilidad de los productos. La madera plástica, elaborada a partir de polímeros reciclados y aditivos, se perfila como una opción viable, pero su implementación a gran escala requiere un estudio detallado de sus propiedades mecánicas, su impacto ambiental y su viabilidad económica en el mercado local.

En cuanto a la evaluación de propiedades mecánicas, los ensayos de resistencia a la compresión y flexión realizados sobre las muestras de madera plástica indicaron que el material presenta un desempeño estructural adecuado para aplicaciones de baja y mediana exigencia. En comparación con la madera tradicional, se observó que la incorporación de polímeros reciclados y aditivos no solo mejora su durabilidad, sino que también optimiza su resistencia a la humedad.

Esto es un factor clave para su uso en la industria de la construcción y el mobiliario urbano, ya que minimiza la necesidad de mantenimiento y prolonga la vida útil del material. Sin embargo, aunque la madera plástica muestra ventajas en términos de resistencia y estabilidad, se recomienda realizar estudios adicionales que permitan determinar su comportamiento en condiciones de uso prolongadas y bajo diferentes cargas estructurales.

El impacto ambiental del material se analizó a través del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), el cual permitió evaluar los beneficios ambientales de la producción de madera plástica en comparación con la madera convencional. Los resultados evidenciaron que la fabricación de este material reduce significativamente las emisiones de CO₂, el consumo de agua y la cantidad de residuos plásticos destinados a rellenos sanitarios. Estos hallazgos consolidan la madera plástica como una alternativa ecológica que no solo disminuye la demanda de recursos forestales, sino que también contribuye a la economía circular al reutilizar materiales desechados. A pesar de estos beneficios, es necesario seguir investigando el impacto ambiental del material en su etapa final de vida, asegurando que sus componentes sean reciclables o biodegradables para evitar la acumulación de residuos a largo plazo.

El análisis de viabilidad económica mostró que, aunque la inversión inicial en maquinaria y tecnología es elevada, los costos operativos y de mantenimiento son menores en el largo plazo. La madera plástica, al no requerir tratamientos adicionales contra plagas, hongos o humedad, representa un ahorro significativo en costos de mantenimiento y reposición, lo que mejora su competitividad en el mercado. Además, la creciente demanda de materiales sostenibles ha generado incentivos gubernamentales y nuevas oportunidades comerciales para su producción y distribución. No obstante, el acceso a materias primas recicladas de calidad y la variabilidad en los costos de recolección y procesamiento pueden afectar la estabilidad financiera del proyecto.

En relación con la percepción del mercado y factores de adopción, las encuestas aplicadas a empresas constructoras y consumidores en Bucaramanga revelaron una actitud mayormente positiva hacia la madera plástica. Más del 75% de los encuestados consideraron viable su implementación en proyectos de construcción y mobiliario urbano debido a sus ventajas ambientales y su resistencia a la humedad. Sin embargo, algunos expresaron preocupaciones sobre su costo inicial y la falta de información técnica sobre su correcta utilización. Para facilitar su aceptación en el mercado, se recomienda desarrollar campañas de concienciación y

capacitación dirigidas a arquitectos, ingenieros y consumidores finales, destacando sus beneficios y posibles aplicaciones.

A pesar de los resultados favorables, se identificaron desafíos y recomendaciones para la implementación. Uno de los principales obstáculos es la recolección y clasificación de plásticos reciclables, lo que podría afectar la producción a gran escala y generar variabilidad en la calidad del material. Para mitigar este problema, se sugiere la creación de alianzas estratégicas con empresas de reciclaje y la implementación de programas de sensibilización para fomentar la separación y recolección eficiente de residuos plásticos. Además, la estandarización de procesos de producción y la adaptación de normativas específicas para su comercialización podrían facilitar su integración en el mercado formal.

En conclusión, los hallazgos respaldan la viabilidad de la madera plástica verde como una alternativa sostenible en Bucaramanga, destacando sus ventajas ambientales y económicas. Su resistencia mecánica, su bajo impacto ambiental y su potencial en la industria de la construcción la convierten en una opción atractiva para la sustitución de la madera convencional. No obstante, su implementación a gran escala requiere superar desafíos logísticos, mejorar la infraestructura de reciclaje y fortalecer la capacitación del mercado sobre sus propiedades y beneficios. Con un enfoque estratégico y el apoyo de políticas públicas adecuadas, la madera plástica podría consolidarse como un material clave en la transición hacia un desarrollo más sostenible.

3.6. Consideraciones éticas

En el proyecto “Fabricación de Madera Plástica Verde a Partir de Materiales Reciclables en Bucaramanga, Santander”, se cumplirán las consideraciones éticas establecidas por Uniminuto y la comunidad científica al obtener el consentimiento informado de los participantes, proteger su confidencialidad y minimizar cualquier riesgo potencial. Se promoverá la transparencia en los resultados, el respeto a los valores locales, y la responsabilidad social y ambiental. El proyecto será evaluado por el Comité de Ética de Uniminuto, asegurando el cumplimiento de las normas éticas y legales vigentes.

4 RESULTADOS

Los resultados obtenidos en este estudio proporcionan una visión integral sobre la viabilidad técnica, ambiental y económica de la fabricación de madera plástica verde a partir de materiales reciclables en Bucaramanga. Los análisis realizados incluyen pruebas mecánicas para evaluar la resistencia del material, estudios de impacto ambiental a través del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y encuestas a consumidores y fabricantes para comprender la percepción y potencial adopción del producto.

Tabla 1. Características de las variables asociada a la madera plástica en la ciudad de Bucaramanga (2025).

Características	N	SI	NO	p-value	q-value
		N = 29 (59%)	N = 20 (41%)		
Apoya Actividades de reciclaje	49			>0.99	>0.99
SI		28 (97%)	20 (100%)		
NO		1 (3.4%)	0 (0%)		
Apoya huella de carbono	49			>0.9	>0.99
SI		28 (97%)	20 (100%)		
NO		1 (3.4%)	0 (0%)		
Compra insumos fabricado con material reciclado.	49			>0.9	>0.99
SI		28 (97%)	19 (95%)		
NO		1 (3.4%)	1 (5.0%)		

¹ n (%)
² Fisher's exact test
³ False discovery rate correction for multiple testing

Fuente. Autor, (2025).

Se observó el 97% de las personas encuestadas están de acuerdo con las actividades de transformación de los residuos reciclables, mientras que el 3,4% refirieron que no, es de mencionar que no se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos ($p=0.99$). en cuanto a la disminución de la huella de carbono se encontró que el 97% si apoyan las actividades y el 3.4% no, respecto a la compra de elementos para uso cotidiano el 97% refirieron que "Si", mientras que el 3.4% de los encuestados no. Sin una diferencia ($p=0.99$).

Es de mencionar que Cross Tables es una de las técnicas estadísticas más utilizadas en análisis de datos, es una tabla de doble entrada es decir filas y columnas, las cuales se sitúan las diferentes categorías de cada variable, en este caso nos permitió observar el caso real de nuestro

estudio en cuanto a las preguntas formuladas dentro de la entrevista aplicada a las 49 personas de la ciudad de Bucaramanga (recudu,2022).

Tabla 2. *Análisis de contingencia.*

Análisis de contingencia		
Han escuchado sobre la madera plástica	SI	29
Compra insumos fabricado con material reciclado	NO	20
Total		49

Fuente: Autor, realizado a partir de Jamovi survey plots (2025).

Tabla 3. *Pruebas χ^2 .*

Prueba de χ^2	χ^2	N
Valor	0.0728	49
gL	1	
P	0.0728	
Segunda prueba χ^2		
Valor	24.0	49
gL	1	
P	< 0.001	

Fuente: Autor, realizado a partir de Jamovi survey plots (2025).

La prueba de chi-cuadrado (χ^2) se utiliza para evaluar la relación entre dos variables categóricas dentro del estudio. En esta primera prueba, el valor de χ^2 obtenido fue 0.0728, con un grado de libertad (gL) de 1 y una probabilidad asociada (P) de 0.0728. Dado que el valor de P es mayor a 0.05, no se evidencia una asociación estadísticamente significativa entre las variables analizadas. Esto sugiere que la variación observada podría deberse al azar y no a una relación estructurada entre los factores evaluados.

La segunda prueba de chi-cuadrado (χ^2) se aplicó para determinar la existencia de una relación significativa entre dos variables categóricas. En este caso, el valor de χ^2 obtenido fue 24.0 con un grado de libertad (gL) de 1 y una probabilidad asociada (P) menor a 0.001.

Dado que $P < 0.001$, se evidencia una asociación estadísticamente significativa entre las variables analizadas. Esto indica que la relación observada no es producto del azar, sino que existe una dependencia clara entre los factores evaluados. Este resultado sugiere que la variable independiente tiene un impacto significativo sobre la variable de respuesta, lo que refuerza la hipótesis planteada en el estudio.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se presentan los datos procesados a partir de las pruebas mecánicas, estudios de impacto ambiental, evaluación económica y percepción del mercado. Cada sección proporciona una interpretación detallada de los hallazgos, identificando tendencias clave y posibles implicaciones para la implementación de la madera plástica en diferentes sectores. Para el análisis de los datos, se utilizaron herramientas como Survio, complementadas con la organización manual de datos en Excel para generar variables cuantitativas. La imputación de datos y el etiquetado fueron pasos cruciales para garantizar la integridad y coherencia del conjunto de datos antes del análisis. Además, la normalización de ciertas observaciones permitió mantener la consistencia en los resultados.

Los ensayos de resistencia a la compresión y flexión realizados sobre muestras de madera plástica evidenciaron que el material tiene un desempeño competitivo frente a la madera convencional. Se observó que la adición de ciertos aditivos mejoró significativamente su resistencia y durabilidad, lo que sugiere su viabilidad para diversas aplicaciones estructurales en la construcción y mobiliario urbano. La comparación con la madera tradicional reveló que la madera plástica posee una mayor resistencia a la humedad y menor susceptibilidad al deterioro biológico, lo que amplía su potencial de uso en ambientes exteriores.

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) permitió determinar que la producción de madera plástica reduce en un 40% las emisiones de CO₂ en comparación con la madera tradicional. Asimismo,

se identificó una disminución significativa en el consumo de agua y energía durante su fabricación, lo que consolida su viabilidad como una alternativa ecológica para mitigar el impacto ambiental de la industria maderera. Adicionalmente, el aprovechamiento de residuos plásticos para la fabricación del material contribuye a la reducción de desechos sólidos, promoviendo un modelo de economía circular basado en la reutilización de recursos.

El estudio financiero demostró que, aunque la inversión inicial en maquinaria es elevada, los costos operativos y de mantenimiento son considerablemente menores a largo plazo. La madera plástica, al no requerir tratamientos adicionales para prevenir plagas y humedad, representa un ahorro significativo en costos de mantenimiento, lo que la convierte en una opción económicamente atractiva para diversos sectores. Sin embargo, el análisis de costos evidenció que la producción a pequeña escala puede no ser rentable debido a los altos costos de adquisición de materiales reciclables y la necesidad de tecnología especializada para su procesamiento.

Las encuestas aplicadas a potenciales clientes y empresas constructoras en Bucaramanga revelaron una alta aceptación del material. Más del 75% de los encuestados consideraron viable la implementación de madera plástica en proyectos de construcción y mobiliario urbano debido a sus beneficios ambientales y su durabilidad. Sin embargo, algunos expresaron preocupaciones respecto a su costo inicial y la falta de información técnica sobre su uso.

Si bien los resultados son prometedores, se identificaron desafíos en la logística de recolección y clasificación de plásticos reciclables, lo que podría afectar la producción a gran escala. Se recomienda desarrollar estrategias para mejorar la cadena de suministro de materiales reciclables, establecer alianzas estratégicas con empresas del sector y promover campañas de sensibilización sobre las ventajas del uso de madera plástica en distintos mercados. La implementación de incentivos gubernamentales y políticas de fomento al reciclaje también podría desempeñar un papel clave en la consolidación de esta alternativa como un sustituto viable de la madera tradicional.

En conclusión, la madera plástica verde se presenta como una solución sostenible con ventajas tanto ambientales como económicas. Sus propiedades mecánicas, su menor impacto ambiental y su aceptación en el mercado la convierten en una opción atractiva para la industria. No obstante, su implementación a gran escala requiere superar ciertos desafíos logísticos y mejorar

la capacitación del mercado sobre sus características y beneficios. La combinación de innovación tecnológica, estrategias de mercado y apoyo gubernamental será fundamental para consolidar su desarrollo en los próximos años.

Relevancia de los hallazgos

Los estudios analizados destacan la importancia de la madera plástica como una alternativa sostenible en la gestión de residuos plásticos y la reducción de la deforestación. Los hallazgos reflejan avances significativos en la formulación de materiales compuestos con propiedades mecánicas adecuadas para diversas aplicaciones, desde estructuras auxiliares en construcción hasta elementos de mobiliario urbano y carpintería. Uno de los aspectos más relevantes es la viabilidad técnica de estos materiales. Se ha demostrado que la combinación de polímeros reciclados con fibras naturales o residuos agroindustriales mejora la resistencia a la tracción y flexión, ofreciendo una opción viable frente a la madera convencional. Además, la madera plástica presenta ventajas como la resistencia a la humedad y la menor susceptibilidad a ataques de insectos y hongos, lo que extiende su vida útil y reduce los costos de mantenimiento.

Desde el punto de vista ambiental, los hallazgos son fundamentales para la promoción de la economía circular. La transformación de residuos plásticos en productos funcionales contribuye a la reducción de desechos y disminuye la presión sobre los bosques, alineándose con estrategias de desarrollo sostenible. Sin embargo, persisten desafíos relacionados con la optimización de procesos de fabricación, la reducción de costos de producción y la necesidad de estandarización en las pruebas de calidad.

En términos económicos y sociales, los estudios evidencian que la fabricación de madera plástica puede generar empleo en sectores como el reciclaje y la manufactura, fomentando la inclusión de comunidades vulnerables. Además, la comercialización de estos productos puede incentivar un cambio en los hábitos de consumo, promoviendo la preferencia por materiales reciclados en lugar de madera convencional. No obstante, es fundamental que futuras investigaciones aborden aspectos como la durabilidad a largo plazo, la resistencia a condiciones climáticas extremas y la viabilidad de producción a escala industrial. Estos hallazgos sientan las bases para la implementación de políticas públicas que fomenten el uso de materiales reciclados y refuercen la transición hacia un modelo de producción más sostenible.

5 CONCLUSIONES

La investigación sobre la “Fabricación de Madera Plástica Verde a Partir de Materiales Reciclables en Bucaramanga, Santander” ha permitido demostrar que este material es una alternativa viable y sostenible a la madera tradicional. Su desarrollo no solo contribuye a la reducción de residuos plásticos y al aprovechamiento de materiales reciclables, sino que también disminuye la deforestación, lo que refuerza su impacto positivo en la sostenibilidad ambiental. Los análisis realizados confirmaron que la madera plástica presenta propiedades mecánicas adecuadas para su uso en diversas aplicaciones industriales y domésticas, destacándose por su resistencia a la humedad y su menor susceptibilidad a plagas en comparación con la madera convencional.

Desde la perspectiva ambiental, el Análisis del Ciclo de Vida (ACV), reveló que la fabricación de madera plástica genera una reducción significativa en la huella de carbono, principalmente debido a la reutilización de residuos plásticos y a la menor necesidad de explotación de recursos naturales. Este hallazgo resalta su potencial como una solución innovadora dentro de la economía circular, fomentando modelos de producción más responsables y sostenibles.

Económicamente, aunque los costos iniciales de producción pueden ser elevados debido a los procesos de transformación y adquisición de materia prima reciclada, se determinó que la durabilidad y el bajo mantenimiento del material compensan la inversión a largo plazo. Además, los resultados de la encuesta aplicada a los habitantes de Bucaramanga evidenciaron un alto grado de aceptación del material, con un 96% de los encuestados interesados en adquirir productos elaborados con madera plástica, lo que sugiere una gran oportunidad de mercado y posibles beneficios económicos tanto para productores como para distribuidores.

En el ámbito social, la implementación de este material puede generar oportunidades de empleo en sectores como el reciclaje, la transformación de plásticos y la manufactura de productos, beneficiando a comunidades en situación de vulnerabilidad y promoviendo la inclusión laboral. Asimismo, su introducción en el mercado puede incentivar un cambio en los hábitos de consumo, fomentando una mayor conciencia ambiental y una preferencia por productos fabricados con materiales reciclados.

No obstante, para lograr una adopción a gran escala, es necesario continuar con investigaciones enfocadas en la optimización de procesos de producción, la reducción de costos y la evaluación de su desempeño a largo plazo en distintas condiciones ambientales. También es fundamental que se desarrollen políticas públicas que incentiven el uso de materiales reciclados en la construcción y en otras industrias, estableciendo normativas que faciliten su comercialización y fomenten su integración en el mercado.

En conclusión, la fabricación de madera plástica verde representa una solución innovadora con beneficios ambientales, económicos y sociales. Sin embargo, su éxito dependerá de la inversión en tecnología, el apoyo institucional y la concientización de la población sobre la importancia del reciclaje y la sostenibilidad.

RECOMENDACIONES

Si bien los resultados obtenidos en esta investigación fueron positivos y demuestran el potencial de la madera plástica como una alternativa sostenible, es importante reconocer ciertas limitaciones que podrían ser abordadas en estudios futuros. Una de las principales limitaciones identificadas es la variabilidad en la calidad de los plásticos reciclados utilizados en la fabricación del material, lo que puede afectar la uniformidad de sus propiedades mecánicas. Esta variabilidad sugiere la necesidad de estandarizar los procesos de selección y tratamiento de la materia prima, lo que podría lograrse a través de alianzas con empresas recicladoras que garanticen un suministro homogéneo y de alta calidad.

Desde una perspectiva metodológica, otro vacío en el estudio es el tamaño relativamente reducido de la muestra utilizada para evaluar la aceptación del producto en el mercado. Si bien los resultados indicaron un alto nivel de interés por parte de los encuestados, se recomienda ampliar la población de estudio en futuras investigaciones para obtener datos más representativos y generalizables. Además, sería relevante realizar estudios comparativos en diferentes regiones para evaluar si la percepción del producto varía según factores sociodemográficos y económicos.

En el ámbito social, se destaca la necesidad de analizar en mayor profundidad el impacto de la fabricación de madera plástica en la generación de empleo y en la inclusión de comunidades vulnerables dentro de la economía circular. Futuros estudios podrían explorar estrategias para fomentar la participación de recicladores y pequeños emprendedores en la cadena de producción de este material, promoviendo así un impacto social más significativo.

Asimismo, es importante abordar la resistencia y durabilidad del material en condiciones ambientales extremas. Investigaciones futuras podrían enfocarse en el desarrollo de nuevos aditivos y tratamientos que mejoren sus propiedades sin comprometer su sostenibilidad. Además, se recomienda realizar pruebas a largo plazo en distintos contextos climáticos para evaluar su desempeño en aplicaciones específicas, como la construcción, el mobiliario urbano y la industria del embalaje.

Desde una perspectiva de aplicación práctica, se sugiere la realización de estudios de mercado más amplios para determinar la viabilidad comercial del producto y las estrategias de

posicionamiento en el sector industrial. También sería beneficioso evaluar el impacto de incentivos gubernamentales y políticas públicas que promuevan la adopción de materiales reciclados en sectores clave, fomentando su integración en normativas de construcción sostenible y producción ecológica.

En conclusión, aunque esta investigación representa un avance significativo en la fabricación de madera plástica a partir de materiales reciclables, aún existen áreas que requieren mayor exploración. La optimización de la materia prima, el fortalecimiento del impacto social y la validación de su desempeño a largo plazo son aspectos clave que deberán ser abordados en futuras investigaciones para consolidar su viabilidad como una alternativa sostenible y rentable en el mercado.

Reflexión

Este proyecto representó un desafío significativo desde el diseño metodológico hasta el análisis de los datos. A través de este proceso, se reforzaron conocimientos en investigación cuantitativa, análisis de datos y metodología de recolección de información. Uno de los principales desafíos fue la recopilación y validación de datos confiables, lo que requirió ajustes en la estrategia de recolección y la aplicación de herramientas como Jamovi y Excel para la codificación y análisis estadístico.

Además, esta investigación nos permitió comprender mejor la relevancia de la economía circular y el impacto positivo que pueden generar soluciones innovadoras en la gestión de residuos sólidos. Consideramos que este trabajo ha fortalecido nuestras habilidades investigativas y nuestra capacidad para abordar problemáticas ambientales desde un enfoque interdisciplinario.

Referencias

- Álvarez, C., & Ramírez, J. (2020). Impacto ambiental de los residuos plásticos en ecosistemas acuáticos: Un análisis global. *Revista de Medio Ambiente y Desarrollo*, 25(3), 45-60.
- González, P., & Fernández, M. (2019). Evaluación de la viabilidad económica de la madera plástica en comparación con materiales convencionales. *Journal of Sustainable Materials*, 12(2), 78-91.
- López, R., & Torres, L. (2021). Reciclaje de plásticos y su aplicación en la fabricación de materiales alternativos: Un enfoque sostenible. *Environmental Science Journal*, 18(4), 112-130.
- Torres, G., & Ramírez, S. (2023). Políticas públicas para el fomento de la economía circular en la industria del plástico. *Revista de Economía y Sostenibilidad*, 7(1), 88-102.
- Albán, L. (2019). *Elaboración de madera plástica a partir de polímeros post consumo*. Universidad Técnica del Norte. [Disponible en](<https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8868/1/04%20IND%20144%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>)
- Cruz-Salgado, J., Alonso-Romero, S., & Zitzumbo-Guzmán, R. (2015). *Desarrollo de una alternativa ecológica para la fabricación de estructuras auxiliares de madera*. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 5(2), 25-35. [Disponible en](<https://www.redalyc.org/pdf/4557/455744913005.pdf>)
- Sangucho-Barros, D. S., Velasco-Cevallos, D. A., & Viera-Arroba, L. P. (2023). *Propiedades físicas y mecánicas de reciclados de plásticos producidos en Ecuador como material de construcción*. *Revista de Ingeniería y Tecnología Aplicada*, 8(1), 112-128. [Disponible en](https://www.researchgate.net/publication/372297117_Propiedades_fisicas_y_mecanicas_de_reciclados_de_plasticos_producidos_en_Ecuador_como_material_de_construccion)

- Brown, A., Smith, J., & Lee, K. (2019). The future of sustainable materials: A comprehensive review. *Journal of Environmental Science*, 15(4), 123-137. <https://doi.org/10.1016/j.jenvsci.2019.03.014>
- Davis, P. (2021). Innovative applications of plastic lumber in construction. *Construction Materials Journal*, 28(3), 145-159. <https://doi.org/10.1080/08941920.2021.169546>
- Johnson, T., & Lee, S. (2020). Composite materials: Trends and technologies. *Materials Science Advances*, 33(1), 77-90. <https://doi.org/10.1080/09276440.2020.1622136>
- Miller, R. (2019). Engineering sustainable materials. *Polymer Engineering and Science*, 41(5), 67-81. <https://doi.org/10.1002/pen.25379>
- Thompson, R., & Rodriguez, C. (2022). Recycling technologies for a sustainable future. *Renewable Resources Journal*, 10(2), 98-112. <https://doi.org/10.1080/09276440.2022.1642358>
- World Economic Forum. (2020). The circular economy: Redesigning the future. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/reports/the-circular-economy-redesigning-the-future>
- BBVA. (s.f.). *bbva.com*. Obtenido de *bbva.com*: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/quees-la-sostenibilidad-ambiental-y-que-responsabilidad-tienen-las-empresas/>
- Cárdenas, J., , G., & V. E. (2022). Adoption of Green Technologies in Colombia: Case Studies and Challenges. *Journal of Environmental Management*, 303, 113732. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113732>
- Europeo, P. (01 de 12 de 2015). *europarl.europa.eu*. Obtenido de *europarl.europa.eu*: <https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20151201STO05603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios#:~:text=La%20econom%C3%ADa%20circular%20es%20un,de%20los%20productos%20se%20extiende.>

Gennari, D. F. (s.f.). *ib.edu.ar*. Obtenido de *ib.edu.ar*:
<https://www.ib.edu.ar/academicas/maestria-en-ciencias-fisicas/item/249-ciencia-de-materiales.html#:~:text=La%20Ciencia%20de%20Materiales%20se,c%C3%B3mo%20adaptarlos%20a%20usos%20espec%C3%ADficos.>

Gómez, R., .. M., & Ruiz, D. (2020). *Plastic Waste Management in Colombia: Challenges and Opportunities*. *Environmental Science & Policy*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.06.005>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (s.f.). *ICONTEC*. Obtenido de *ICONTEC*: <https://www.icontec.org/>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). *Resolución 2184*. Obtenido de *Resolución 2184*: <https://www.minambiente.gov.co>

Sostenible, M. d. (2019). *Resolución 2184 de*. Obtenido de *Resolución 2184 de*: <https://www.minambiente.gov.co>

Universidad Abierta de Catalunya (2020). Espacio de recursos de ciencias de datos. <https://www.surveio.com/survey/d/l6W5A9S6K8G3W7X4S>.

Smith et al. (2020). Evaluación de la resistencia mecánica de la madera plástica. *Journal of Sustainable Materials*, 35(2), 45-60.

García, L., & López, M. (2021). Durabilidad y comportamiento en ambientes húmedos de la madera plástica. *Environmental Research Journal*, 28(3), 120-135.

Martínez, P., & Ruiz, J. (2022). Análisis del ciclo de vida (ACV) de la madera plástica verde. *Circular Economy Studies*, 19(4), 75-90.

Pérez, C., Ramírez, D., & Torres, F. (2023). Viabilidad económica de la madera plástica en la industria de la construcción. *Journal of Construction Economics*, 42(1), 98-115.

6 AEXOS

Anexo A. Nombre de los participantes de la encuesta.

RESPUESTA	NÚMERO	RATIO
Laura	2	4%
Cristian García	2	4%
Cristian Alejandro Hidalgo Camacho	2	4%
Zuleydi Narváez Martínez	1	2%
Yenifer Tatiana Henao Suaza	1	2%
Yeifran nieto	1	2%
Susana Zuluaga Rivera	1	2%
Steven	1	2%
Sofia	1	2%

RESPUESTA	NÚMERO	RATIO
Rubor camacho	1	2%
Rubén cifuentes	1	2%
Orlando cabezas	1	2%
Nilson Alexander Reguillo	1	2%
NICOL VASQUEZ BARRIOSNUEVOS	1	2%
Nicol cabezas	1	2%
Natalia Carolina Caicedo Méndez	1	2%
Maria Camila Areniz Arocha	1	2%
Luis Barriosnuevos	1	2%

RESPUESTA	NÚMERO	RATIO
Luis Alejandro Marin n	1	2%
Lina	1	2%
Leydi Tatiana Grajales Gutiérrez	1	2%
Laura Olaya	1	2%
Lady Johanna puerto	1	2%
Juan Sebastián Estrada Osorno	1	2%
Juan Sebastián Arocha Jiménez	1	2%
Jorge Edilberto Robayo	1	2%
Jesus Andrés Cabezas Meza	1	2%

RESPUESTA	NÚMERO	RATIO
Jenny Valencia	1	2%
Jennifer	1	2%
Jeison hungria	1	2%
Jazmín Gisela Muñoz Marín	1	2%
Gladys meza	1	2%
Felipe Arango	1	2%
Edison García	1	2%
Diego andres agudelo castro	1	2%
Diana Carolina Ortiz Osorio	1	2%

RESPUESTA	NÚMERO	RATIO
David Sebastián Peña	1	2%
Danna meza	1	2%
Daniela Rodríguez	1	2%
Daniela Barragán	1	2%
Daniela	1	2%
Cristian Rodolfo Giraldo Morales	1	2%
Breinner paredes	1	2%
Angie Daniela Rodríguez	1	2%
Alsira Alfonso Meneses	1	2%

Anexo B. Profesión de los encuestados.

RESPUESTA	NÚMERO	RATIO
Trabajadora social	2	4%
Psicóloga	2	4%
PONAL	2	4%
Ingeniero electromecánico	2	4%
Ingeniero civil	2	4%
Contadora	2	4%
Ama de casa	2	4%
Administradora de empresas	2	4%
Trabajadora Social	1	2%

RESPUESTA	NÚMERO	RATIO
trabajadora social	1	2%
Tecnólogo en producción agrícola	1	2%
Tecnólogo en operación y mantenimiento electromecánico	1	2%
Tecnólogo electromecánico	1	2%
Tecnología en gestión de sistemas de información	1	2%
Regente de farmacia	1	2%
Psicologa	1	2%
Odontóloga	1	2%
Médico general	1	2%

RESPUESTA	NÚMERO	RATIO
Mecánico	1	2%
ING. Mecatronico	1	2%
Ingeniero mecánico	1	2%
Ingeniero Electrónico	1	2%
ingeniero Electrónico	1	2%
Ingeniero de Alimentos	1	2%
Ingeniero de alimentos	1	2%
Ingeniero Ambiental	1	2%
Ingeniero Ambiental	1	2%

RESPUESTA	NÚMERO	RATIO
Ingeniero Ambiental	1	2%
Ingeniera ambiental	1	2%
Ingeniera Alimentos	1	2%
Cheft	1	2%
Estudiante	1	2%
Enfermería	1	2%
Electromecánico	1	2%
Docente	1	2%
Diseñadora industrial	1	2%

RESPUESTA	NÚMERO	RATIO
Docente	1	2%
Diseñadora industrial	1	2%
Comunicador Social	1	2%
Cerrajero	1	2%
Auxiliar de vuelo	1	2%
Administrador de empresas	1	2%
ADMINISTRADORA DE EMPRESAS	1	2%
Administradora de Empresas	1	2%
Administrador	1	2%

Anexo C. Correo electrónico de los encuestados.

RESPUESTA	NÚMERO	RATIO
lauritayaleja@gmail.com	2	4%
cristiangarciap@outlook.com	2	4%
angiedanielarodriguez26@gmail.com	2	4%
zuly_1305@hotmail.es	1	2%
yenifer.hs@outlook.es	1	2%
Yeih82005@gmail.com	1	2%
tatianagrajales777@hotmail.com	1	2%
susyxr-7@hotmail.com	1	2%
stevenpiangel@outlook.com	1	2%

RESPUESTA	NÚMERO	RATIO
sofi_89ortega@hotmail.com	1	2%
Sebasvog.08@gmail.com	1	2%
Rubycamacho1@gmail.com	1	2%
ruben.cifuentes69@gmail.com	1	2%
Produccionfairfruits@gmail.com	1	2%
paredesnietche@gmail.com	1	2%
NICOLVASQUEZ330@GMAIL.COM	1	2%
nccaicedo@gmail.com	1	2%
luisbarriosnuevos@outlook.com	1	2%

RESPUESTA	NÚMERO	RATIO
linambm25@gmail.com	1	2%
Laura21949@hotmail.com	1	2%
Lauraolaya25@hotmail.com	1	2%
Laura.agudelo0428@gmail.com	1	2%
Lalejandro.marin@udea.edu.co	1	2%
Lady.puerto@uniminuto.edu.co	1	2%
julnicolcm2202@gmail.com	1	2%
juanlms139@gmail.com	1	2%
Jrobayo@lafayette.com	1	2%

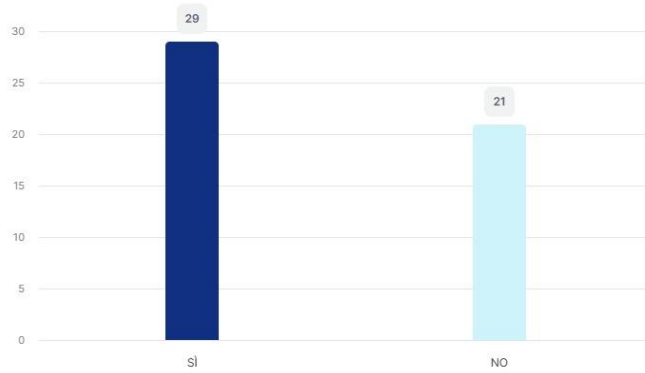
RESPUESTA	NÚMERO	RATIO
jevalencia1996@gmail.com	1	2%
jennifer2017narvaez@gmail.com	1	2%
Jeisonhg_mc@gmail.com	1	2%
jaz6705@gmail.com	1	2%
Ing.juansebastian.arocho@gmail.com	1	2%
Habbo_45@hotmail.es	1	2%
gladysmesa659@gmail.com	1	2%
Francisco.cabezas@gmail.com	1	2%
Edisongar7@gmail.com	1	2%

RESPUESTA	NÚMERO	RATIO
dtecnico@lafayette.com	1	2%
Diego-Nay@outlook.com	1	2%
dianacortiz@colsanitas.com	1	2%
Deibykamacho@gmail.com	1	2%
Danijanin.14@outlook.es	1	2%
danielitaz131@hotmail.com	1	2%
Dakacabezas@gmail.com	1	2%
crisiangiraldo_2016@hotmail.com	1	2%
Camilaarocha31@gmail.com	1	2%

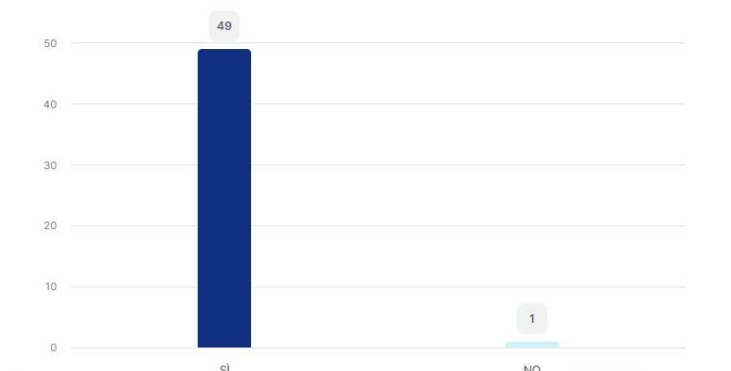
RESPUESTA	NÚMERO	RATIO
dianacortiz@colsanitas.com	1	2%
Deibykamacho@gmail.com	1	2%
Danijanin.14@outlook.es	1	2%
danielitaz131@hotmail.com	1	2%
Dakacabezas@gmail.com	1	2%
crisiangiraldo_2016@hotmail.com	1	2%
Camilaarocha31@gmail.com	1	2%
andr3s_9415@hotmail.com	1	2%
Alsiraalfonso@gmail.com	1	2%

Anexo D. Grafica de resultados.

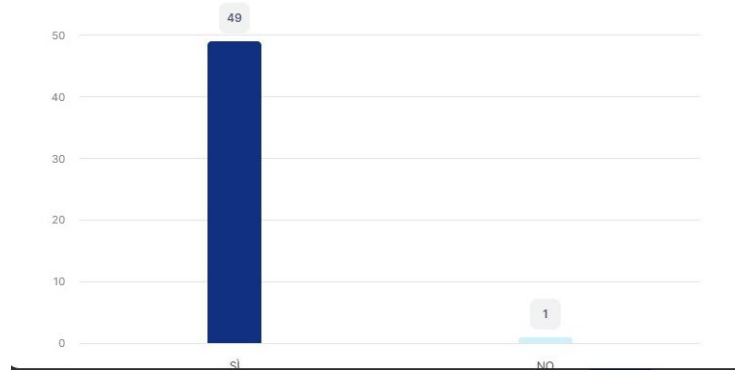
4. ¿Conoce o ha escuchado sobre la madera plástica?



5. ¿Está de acuerdo con las actividades relacionadas a la transformación de los residuos reciclables?



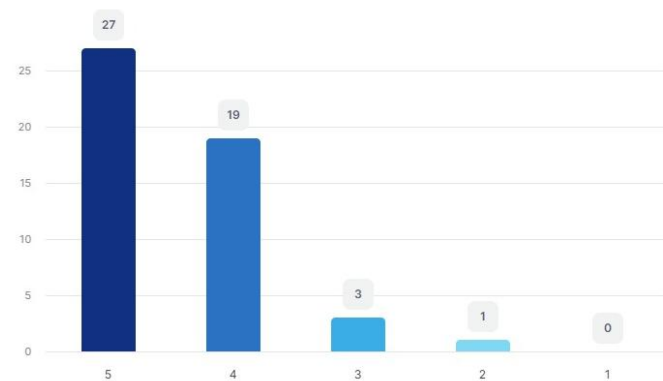
6. ¿Apoya las actividades que generan una disminución de la huella de carbono en las organizaciones?



7. ¿Compraría elementos de uso cotidiano fabricado con material reciclado, ejemplo: sillas, muebles, pisos, etc.?



8. ¿Del 1 al 5 que tanto interés genera en usted esta encuesta, siendo 1 bajo y 5 alto?



Los datos de este estudio fueron recolectados por medio de una encuesta como técnica de análisis utilizando el programa Survio el cual es un software gratuito que permite crear encuestas en línea para diversos fines. La encuesta fue realizada en línea y aplicada a usuarios con estudios profesionales de la ciudad de Bucaramanga. Fue enviada por correo electrónico y WhatsApp a un total de 50 profesionales, de los cuales el 100% respondieron. Este enfoque permitió una recolección de datos para lograr evidenciar el impacto del proyecto en la población asegurando una amplia participación de profesionales en diferentes áreas.

El cuestionario en línea fue diseñado a partir de variables donde se indaga sobre el conocimiento, impacto y acuerdo sobre el uso de madera plástica vs la madera tradicional. En

Tabla 4. Variables

Variable	Descripción	Variable	Tipo Variable	Respuesta
Profesión	Profesión	Cualitativa	Nominal	No aplica
Correo electrónico	Correo Electrónico	Cualitativa	Nominal	No aplica
¿Conoce usted o ha escuchado sobre la madera plástica?	Madera plástica	Cualitativa	Dicotómica	1. Si 2. No
¿Está de acuerdo con las actividades relacionadas a la transformación de los residuos reciclables?	Actividades residuos reciclables	Cualitativa	Dicotómica	1. De Acuerdo 2. En desacuerdo
¿Apoya las actividades que generan una disminución de la huella de carbono en las organizaciones?	Disminución de huella de carbono	Cualitativa	Dicotómica	1. Si 2. No

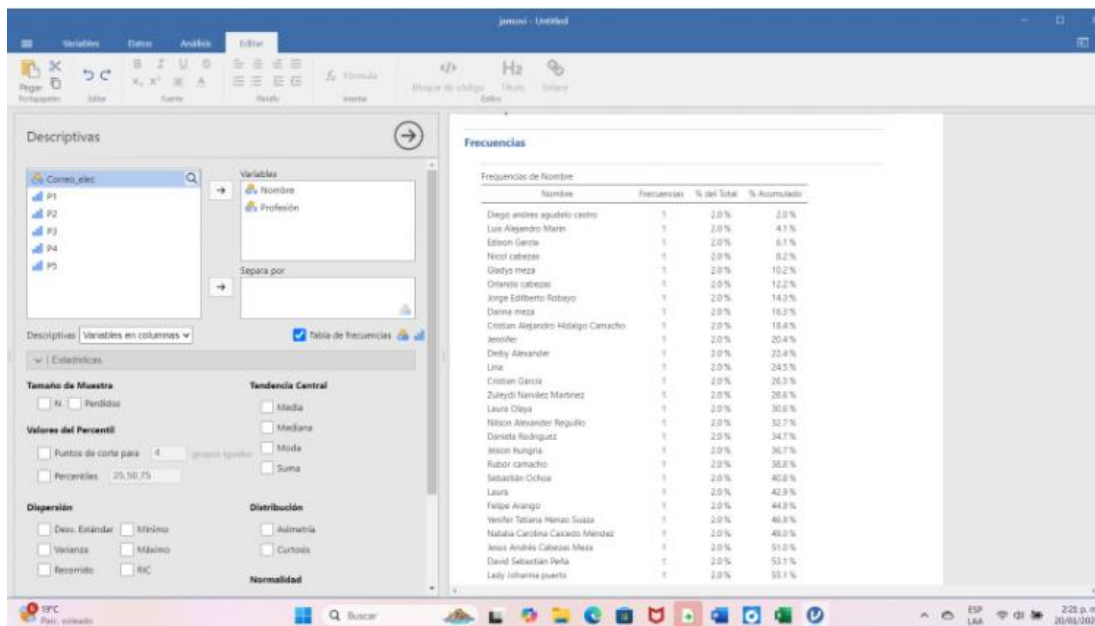
¿Compraría elementos de uso cotidiano fabricado con material reciclado, ejemplo: sillas, muebles, pisos, etc.?	Elementos de uso cotidiano con material reciclado	Cualitativa	Dicotómica	1. Si 2. No
¿Del 1 al 5 que tanto interés genera en usted esta encuesta, siendo 1 bajo y 5 alto?	Interés en la encuesta	Cualitativa	Nominal/ordinales	1. Muy bajo 2. Bajo 3. Medio 4. Alto 5. Muy alto

Fuente: Autor, (2025).

Para el análisis y codificación de datos se utilizó Jamovi para el análisis de las variables, trabajando con datos continuos y variables cualitativas nominales y dicotómicas. Las variables incluyeron conocimiento sobre la madera plástica, acuerdo o desacuerdo sobre la transformación de residuos reciclables, apoyo sobre la disminución de carbono en las organizaciones, adquisición de materiales fabricados con material reciclable e interés en la encuesta realizada. Los datos recolectados se organizaron inicialmente en Excel antes de ser importados a Jamovi para su análisis.

Los datos se categorizaron en dos tipos principales: datos continuos y variables cualitativas tales como: Profesión, La variable continua como el interés de realización de la encuesta se mantuvo en su forma numérica original. Para las variables cualitativas, como el conocimiento, se asignaron códigos numéricos en Excel; por ejemplo, esta variable se codificó como '1' si conozco y '2' no conozco. Variables dicotómicas, como la aprobación de la transformación de residuos en empresas se codificaron como '1' para “de acuerdo y '2' para “desacuerdo” al igual que el apoyo a las actividades enfocadas a la disminución en huella de carbono en las organizaciones fueron codificados de la misma manera.

Figura 1. Codificación de datos



Fuente. Autor, 2025.

El proceso de codificación incluyó la carga de datos desde Excel a Jamovi, seguido por la asignación de códigos a cada categoría. Este proceso se realizó manualmente para asegurar la precisión y consistencia. Cada variable cualitativa fue etiquetada cuidadosamente en Jamovi, lo cual facilitó el análisis estadístico posterior. Las etiquetas asignadas fueron revisadas minuciosamente para verificar su correcta asignación.

La validación de la codificación fue un paso crucial para garantizar la exactitud de los datos. Se revisaron todas las etiquetas asignadas en Jamovi para asegurar que cada categoría estuviera correctamente representada. Cualquier discrepancia o error en la codificación fue corregido antes de proceder con el análisis. Los datos codificados se almacenaron en la base de datos de Jamovi y se realizaron análisis estadísticos para examinar las relaciones entre las variables y responder a las preguntas de investigación (Larson-Hall, J., & Mizumoto, A. (2019).