

**Modelo de logística inversa para residuos de madera en CENS, Almacén Interferías –
Cúcuta**

Juan Carlos Quintero Rangel

Jaidy Karina Gamboa Angela

Jorge Andrés Vargas

Asesor

Juan Carlos Vesga Ferreira

Universidad Nacional Abierta Y A Distancia UNAD

Escuela De Ciencias Básicas, Tecnología E Ingeniería ECBTI

Especialización en Gerencia de Procesos Logísticos en Redes de Valor

2025

Resumen

La ineficiente gestión de recursos representa uno de los principales problemas financieros en las organizaciones. En el caso de CENS, empresa del sector energético ubicada en Norte de Santander (Colombia), los residuos de madera generados (estibas, guacales y pallets provenientes de embalajes) constituyen una carga operativa y ambiental, al no existir procesos formales para su aprovechamiento. Actualmente, se estima que mensualmente se producen entre 3 y 4 m³ de estos residuos, los cuales son gestionados por terceros sin procesos de valorización. Ante esta situación, se propone un modelo de logística inversa orientado a la gestión sostenible de los residuos de madera, con el fin de reducir costos, mitigar impactos ambientales y fomentar prácticas de economía circular. La metodología adoptó un enfoque mixto de carácter descriptivo y propositivo, desarrollado en cuatro fases: diagnóstico (entrevistas, observación directa y encuestas), análisis, diseño de alternativas tecnológicas, validación y documentación del modelo. Los resultados muestran que la propuesta es viable no solo desde un punto de vista técnico, sino también económico y ambiental, lo que refuerza su potencial para generar un impacto positivo. Durante el análisis, se descubrió que las estibas y pallets constituyen alrededor del 60% de los residuos generados, y lo más importante, que estos materiales tienen un alto potencial para ser reutilizados en lugar de descartados. A partir de esto, el modelo desarrollado propone un proceso integral que abarca desde la clasificación y reparación hasta la transformación de estos residuos, articulando rutas específicas que permiten reincorporar estos materiales al ciclo productivo de manera eficiente y sostenible. Se estima que, al aplicar esta estrategia, la cantidad de residuos enviados a disposición final podría reducirse en un 70%, logrando además que la inversión necesaria se recupere en un período relativamente corto de entre 18 y 24 meses. Motivo por el cual, el modelo de logística inversa propuesto puede ser considerado como una estrategia para

optimizar la gestión de residuos, fortaleciendo el compromiso de la empresa con la sostenibilidad y la innovación empresarial.

Palabras clave: Logística inversa, economía circular, residuos sólidos, gestión sostenible, aprovechamiento de residuos, valorización de materiales, sostenibilidad empresarial.

Abstract

Inefficient management of resources represents one of the main financial problems in organizations. In the case of CENS, an energy sector company located in Norte de Santander (Colombia), the wood waste generated (crates, boxes, and pallets from packaging) constitutes both an operational and environmental burden, due to the lack of formal processes for its recovery. Currently, it is estimated that between 3 and 4 m³ of this waste is produced monthly, which is managed by third parties without recovery or valorization processes. In response to this situation, a reverse logistics model is proposed, aimed at the sustainable management of wood waste, in order to reduce costs, mitigate environmental impacts, and promote circular economy practices. The methodology adopted a mixed approach of descriptive and propositional character, developed in four phases: diagnosis (interviews, direct observation, and surveys), analysis, design of technological alternatives, validation, and model documentation. The results show that the proposal is feasible not only from a technical perspective but also from an economic and environmental standpoint, reinforcing its potential to generate a positive impact. During the analysis, it was found that crates and pallets account for around 60% of the waste generated and, most importantly, that these materials have high potential for reuse instead of disposal. Based on this, the developed model proposes a comprehensive process ranging from classification and repair to the transformation of these residues, articulating specific routes that enable their reintegration into the production cycle in an efficient and sustainable manner. It is estimated that by applying this strategy, the amount of waste sent to final disposal could be reduced by 70%, while the necessary investment could be recovered in a relatively short period of 18 to 24 months. Therefore, the proposed reverse logistics model can be considered a strategy

to optimize waste management, strengthening the company's commitment to sustainability and business innovation.

Keywords: Reverse logistics, circular economy, solid waste, sustainable management, waste recovery, material valorization, corporate sustainability.

Tabla de Contenido

Introducción	10
Justificación.....	12
Objetivos.....	14
Planteamiento Del Problema.....	15
Antecedentes.....	17
Marco Referencial.....	21
Marco Teórico.....	24
Marco Conceptual.....	31
Marco Metodológico.....	40
Resultados Y Discusión.....	58
Conclusiones.....	82
Recomendaciones.....	84
Referencias Bibliográficas.....	86
Apéndices.....	89

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Oportunidades y desafíos identificados en la gestión de residuos de la organización ..</i>	38
Tabla 2 <i>Cronograma de actividades</i>	47
Tabla 3 <i>Presupuesto estimado del proyecto</i>	49
Tabla 4 <i>Vinculación de cada R a las fases del proyecto.....</i>	53
Tabla 5 <i>Dimensiones de la matriz DOFA</i>	58
Tabla 6 <i>Aplicación de la normativa vigente.</i>	64
Tabla 7 <i>Modelo de 6R</i>	66
Tabla 8 <i>Indicadores de gestión.</i>	71
Tabla 9 <i>Relación de cumplimiento de los objetivos.....</i>	78

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Localización</i>	35
Figura 2 <i>Distribución porcentual de 1m³ de residuos generados mensualmente</i>	36
Figura 3 <i>Flujo de gestión de residuos</i>	74
Figura 4 <i>Impactos esperados del proyecto.</i>	75

Lista de Apéndice

Apéndice A <i>Instrumento de Recolección Inicial</i>	89
Apéndice B <i>Costo y fechas de Recolección Realizadas por la Empresa Lito en los Últimos 12 Meses</i>	98
Apéndice C <i>Normativas Ambientales que la Empresa ya Aplica y Grado de cumplimiento. Política de Gestión Ambiental</i>	99
Apéndice D <i>Ficha de Control</i>	101
Apéndice E <i>Lista de Chequeo Logística Inversa</i>	102
Apéndice F <i>Evaluación del Coordinador</i>	104
Apéndice G <i>Tabulación de Entrevistas</i>	105
Apéndice H <i>Tabulación Encuestas Realizadas al Personal</i>	113
Apéndice I <i>Evidencia Fotográfica Almacén Interferías</i>	116
Apéndice J <i>Evidencia Fotográfica Delimitación de Zonas y Material a Clasificar</i>	117
Apéndice K <i>Evidencia Fotográfica Clasificación de Material</i>	118
Apéndice L <i>Evidencia Fotográfica Materiales</i>	119
Apéndice M <i>Evidencia Fotográfica Material Recuperado</i>	120

Introducción

En el contexto industrial contemporáneo, una adecuada gestión de recursos aporta de manera positiva un sin número de componentes que le ayudan a las organizaciones a crecer y a sentar bases no solo de sostenibilidad si no de cultura desde su sociedad interna, lo que aporta de manera positiva al entorno, pero esto trae consigo desafíos y cuantificablemente se pueden dividir en diversos factos pero dentro de los que enfrentan las organizaciones, la gestión de residuos sólidos ocupa un lugar crítico, especialmente en lo que respecta a materiales como la madera, los cuales, con un manejo adecuado, pueden transformarse de desechos en oportunidades de valor agregado.

Una compañía de relevancia regional como lo es esta electrificadora, empresa dedicada a la distribución y comercialización de energía en el departamento de Norte de Santander, Cesar y Sur de Bolívar sus oportunidades de mejora de encuentran en su almacén principal de Cúcuta. En esta sede, donde se genera mensualmente un volumen aproximado de tres a cuatro metros cúbicos de residuos de madera principalmente estibas, guacales y pallets, los cuales en la actualidad son retirados por terceros sin que se explore su potencial de reutilización o reparación. Este escenario no solo implica costos operativos significativos, sino que también refleja un ciclo de vida incompleto del material, donde lo que podría tener una segunda vida termina incrementando el pasivo ambiental.

Frente a esta situación, la logística inversa se presenta como una alternativa viable y estratégica. Su aplicación no se limita a la gestión de desechos, sino que busca reintegrarlos al flujo productivo bajo los principios de la economía circular, contribuyendo así a la sostenibilidad institucional y al cuidado del entorno (Abreu, 2023). El presente trabajo de grado tiene como objetivo principal diseñar un modelo de logística inversa adaptado a las particularidades de

CENS, orientado a reducir costos, minimizar impactos ambientales y promover una cultura de circularidad en cada etapa de su operación.

Para alcanzar este propósito, la investigación se basó en un enfoque metodológico mixto, que integró técnicas cualitativas y cuantitativas, así como observación directa. El proceso incluyó etapas de diagnóstico, diseño y validación de un piloto estructurado bajo el marco de las 6R: rechazar, reducir, reutilizar, reparar, reciclar y rediseñar. Como resultado, se propone un modelo que acompaña la madera desde su clasificación inicial hasta su reintegración o transformación, mediante la articulación con actores locales y un sistema de trazabilidad que permite monitorear su trayectoria.

A lo largo de este documento, se expone de manera detallada el modelo propuesto, sus fundamentos teóricos, los resultados obtenidos y las proyecciones derivadas. Con ello, se espera aportar una guía aplicable que fortalezca la gestión de residuos en CENS y, de manera paralela, consolide su compromiso con un desarrollo regional más consciente y sostenible.

Justificación

La gestión ineficiente de los residuos sólidos de madera representa un reto significativo para la empresa y en especial para el almacén seleccionado, tanto en lo ambiental como en lo económico. Desde la perspectiva ambiental, la disposición inadecuada de estos desechos contribuye al agotamiento de los recursos naturales y al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, una problemática identificada en las políticas nacionales para la gestión de residuos sólidos (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2016). Por otro lado, en el ámbito financiero, los costos derivados de su almacenamiento y disposición final generan un impacto negativo en la rentabilidad de la empresa.

En lo que respecta al impacto ambiental y la responsabilidad corporativa, la gestión inadecuada de residuos sólidos de madera agrava los problemas de contaminación y presión sobre los recursos naturales. Con un sistema de reutilización y reciclaje fundamentado en los principios de economía circular establecidos en los lineamientos más recientes del país (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2023), la organización podría minimizar estos efectos, preservar el entorno y reforzar su compromiso con la sostenibilidad. Este enfoque también fortalecería su imagen corporativa y respondería a las expectativas de clientes y grupos de interés cada vez más conscientes de la importancia de la gestión ambiental. Cabe señalar que, en la actualidad, la empresa contrata servicios externos para la disposición final de residuos sólidos, aparatos electrónicos y excedentes industriales, con el fin de cumplir con la normatividad vigente.

En cuanto a la optimización de recursos y la reducción de costos, la acumulación de residuos sólidos de madera en el almacén incrementa los gastos de almacenamiento y limita la eficiencia operativa. Se estima que, solo en este CEDI, se generan entre 3 y 4 m³ mensuales de

residuos entre estibas, guacales, pallets y otros elementos de embalaje. Con un modelo de logística inversa, estos materiales podrían ser recuperados y transformados en productos de valor agregado, disminuyendo la necesidad de contratar servicios externos y liberando espacio de almacenamiento.

Por su parte, la mejora de la eficiencia operacional es otro de los beneficios esperados. Un sistema estructurado de recolección, clasificación, reparación y reciclaje de materiales reduciría la dependencia de terceros y permitiría reincorporar estibas y pallets al ciclo productivo. Esto no solo optimizaría el uso de los recursos disponibles, sino que también facilitaría una operación más ágil, sostenible y menos costosa.

Finalmente, este proyecto también asegura el cumplimiento normativo y las regulaciones ambientales. La adopción de prácticas de gestión sostenible garantiza que el almacén —y, así mismo, la empresa— cumpla con los lineamientos legales establecidos en las políticas nacionales de gestión de residuos (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2016, 2023) y, además, le permite acceder a posibles incentivos y apoyos gubernamentales que promueven la economía circular y la sostenibilidad empresarial.

En resumen, la integración del modelo económico sostenible y del modelo de retorno en la gestión de material residual está plenamente justificada en esta bodega, ya que la iniciativa contribuirá a disminuir el impacto ambiental, reducir costos operativos, fomentar la innovación y mejorar la eficiencia de las operaciones. En otras palabras, representa una oportunidad para transformar un desafío en una ventaja competitiva que favorece tanto a la empresa como al entorno en el que opera.

Objetivos

Objetivo General

Proponer un modelo de logística inversa para la gestión sostenible de residuos sólidos de madera en CENS, con el fin de reducir los costos operativos y promover prácticas de economía circular dentro de la empresa.

Objetivos Específicos

Identificar los tipos y volúmenes de material residual de madera generados por la empresa y sus principales fuentes.

Analizar las normativas ambientales aplicables y las tecnologías disponibles para la reutilización y reciclaje de madera.

Reconocer las partes interesadas que puedan apoyar el modelo de logística inversa, como proveedores de tecnología y socios estratégicos.

Proponer un modelo de logística inversa para la gestión sostenible de subproductos re aprovechables, alineado con las normativas vigentes y los principios de economía circular.

Planteamiento del Problema

La gestión de recursos posconsumo se ha convertido en un desafío creciente para las industrias en todo el mundo, y el sector energético no es la excepción. En nuestra compañía dedicada a la distribución y comercialización de energía en Colombia, la acumulación de material reciclable proveniente de sus operaciones representa no solo un problema ambiental, sino también una carga económica importante, en donde, al no ser aprovechados de manera adecuada, terminan contribuyendo a la degradación del entorno y generando sobrecostos en su disposición final.

Frente a esta situación, la logística inversa surge como una alternativa estratégica que permite dar un nuevo valor a los residuos, transformando lo que antes se consideraba desecho en una oportunidad de reutilización o reciclaje. Este enfoque no solo reduce el volumen de residuos, sino que también fortalece la adopción de prácticas de economía circular, en coherencia con las políticas de sostenibilidad empresarial y con las exigencias ambientales vigentes en el país. Además, la incorporación de tecnologías digitales dentro de los procesos de retorno y recuperación de materiales ha demostrado mejorar la trazabilidad, la eficiencia y la toma de decisiones dentro de la logística inversa, potenciando aún más su impacto en la sostenibilidad organizacional (Alimohammadi & Behnamian, 2024).

En este contexto, el presente documento se propone adaptar un modelo de logística inversa ajustado a las particularidades de la electrificadora con el fin de gestionar de manera más eficiente los residuos de madera generados por la misma. La intención es reducir tanto el impacto ambiental asociado como los costos relacionados con su disposición final. A través de un análisis detallado de diferentes alternativas y de su viabilidad en el entorno específico de la compañía, este trabajo busca demostrar cómo la economía circular puede convertirse en una fuente de innovación y sostenibilidad para el sector energético.

En este sentido, el modelo de logística inversa propuesto integra la reutilización, reparación, rediseño y reciclaje de la madera, lo que permite reducir costos, prolongar la vida útil de los materiales y reforzar el compromiso de la entidad con la sostenibilidad y la innovación.

Antecedentes

El manejo de los residuos sólidos de madera ha cobrado una relevancia cada vez mayor en distintos entornos industriales, especialmente por las implicaciones económicas y ambientales que conlleva una gestión inadecuada. En este contexto, la acumulación de elementos como estibas, guacales y pallets, resultado directo de las actividades operativas, se ha convertido en un reto persistente. Estos materiales, al no ser sometidos a procesos de valorización, terminan siendo descartados sin aprovechar su potencial, lo que no solo eleva los costos de operación, sino que también desaprovecha oportunidades valiosas para su reutilización o transformación

De acuerdo con el Ministerio de Ambiente (2023), alrededor del 30% de los residuos generados por el sector de la construcción en Colombia corresponden a madera, un recurso con alto potencial de reutilización o reciclaje bajo un sistema eficiente de logística inversa. Este indicador refleja la magnitud del problema y, al mismo tiempo, la oportunidad que tienen las compañías para implementar estrategias sostenibles que transformen los residuos en insumos útiles, alineándose con los principios de la economía circular.

En este escenario, se vuelve esencial explorar los antecedentes tanto investigativos como empresariales que han abordado la logística inversa y el aprovechamiento de residuos de madera. Esta revisión no solo permite comprender mejor las experiencias previas y las soluciones implementadas en otros contextos, sino que también brinda una base sólida para estructurar un modelo que se ajuste a las particularidades de la organización. Un enfoque bien sustentado puede marcar la diferencia, al contribuir significativamente en la reducción de costos operativos y al mismo tiempo reforzar el compromiso institucional con prácticas sostenibles y responsables.

La acumulación de residuos sólidos de madera en la comercializadora representa un desafío constante que va más allá de los costos adicionales asociados al almacenamiento y la

disposición final. Esta situación evidencia también una ineficiencia en la gestión de estos materiales, que, sin un sistema de logística inversa adecuado, se convierten en una carga tanto financiera como operativa, afectando de manera directa la rentabilidad de la organización.

A este problema se suma el impacto ambiental causado por el manejo inadecuado de los residuos, que no solo incrementa la contaminación, sino que también va en contra de los principios fundamentales de la economía circular. Estos principios buscan aprovechar al máximo los recursos, dándoles nuevos usos y reduciendo la presión sobre el medio ambiente (Gobierno de la República de Colombia, 2019). La ausencia de un enfoque estructurado no solo agrava el daño ambiental, sino que también significa desaprovechar oportunidades valiosas para mitigar los efectos negativos de las operaciones.

Otro aspecto crítico es la carencia de políticas internas claras para la gestión de residuos. La entidad energética no cuenta con lineamientos definidos que promuevan la reutilización de materiales, ni con procesos de capacitación que preparen al personal para aplicar prácticas sostenibles, lo que limita la posibilidad de implementar estrategias efectivas de reducción y aprovechamiento. Esta situación pone de manifiesto la urgencia de contar con un marco regulador interno que fomente la economía circular y la adopción de prácticas como la logística inversa, reconocida como una alternativa eficiente para mejorar la gestión de residuos en las empresas (El Empaque, 2021).

Dentro de este panorama, también emergen oportunidades que hasta ahora han pasado desapercibidas, pero que tienen un gran potencial para generar valor. Los residuos de madera, que hoy representan un costo adicional para la organización, podrían transformarse en recursos reutilizables o incluso en nuevos productos, si se implementa un sistema de logística inversa bien estructurado. Así, lo que actualmente se percibe como un problema operativo podría convertirse

en una alternativa de negocio sostenible y en un elemento diferenciador frente a otros actores del sector.

En definitiva, la forma en que se gestionan los residuos sólidos refleja un desafío complejo que impacta tanto la sostenibilidad ambiental como la eficiencia económica. Por eso, resulta fundamental adoptar una visión integral que articule la logística inversa con los principios de la economía circular, ya que esta combinación no solo permite enfrentar los retos actuales, sino que abre la puerta a nuevas oportunidades de desarrollo e innovación dentro de la organización (Abreu, 2023; Descartes, 2023).

Se puede denotar una aproximación a la distribución de 1 m³ de residuos de embalajes generados por el almacén Interferías según los datos mismos de la organización, donde esto se compone principalmente por estibas, guacales, cajones, plásticos y cartón. Los resultados internos de la organización indican que los residuos de madera alcanzan cerca del 60% del total, mientras que los plásticos y el cartón representan alrededor del 20% cada uno. La abundancia de los residuos de madera se relaciona directamente con el tipo de operaciones de esta, ya que requieren embalajes robustos para el transporte y la protección de insumos; aunque la presencia de plásticos y cartón es menor, también evidencia la necesidad de un tratamiento integral que contemple la valorización de todos los materiales.

Estas cifras deben entenderse como aproximadas, ya que la distribuidora de energía no cuenta con un sistema de registro exacto de la generación de residuos y la cantidad producida fluctúa de acuerdo con la demanda mensual de suministros. De esta manera, se dificulta establecer valores precisos por tipo de desecho; sin embargo, la estimación resulta valiosa porque permite reconocer tendencias, dimensionar la magnitud de la problemática y sentar una base inicial sobre la cual proyectar acciones de mejora.

Consciente de esta situación, esta bodega ha expresado su interés en fortalecer los mecanismos de control y gestión, comprendiendo que la correcta clasificación, aprovechamiento y reducción de residuos no solo responde al cumplimiento de la normatividad ambiental vigente, sino que también abre oportunidades para reducir costos de disposición y optimizar el uso de los recursos disponibles. En este sentido, la logística inversa aparece como una estrategia fundamental, especialmente en lo que respecta a los residuos de madera que, por su volumen, podrían ser reutilizados, reparados o reciclados para reincorporarse en cadenas productivas (Abreu, 2023).

Avanzar hacia un enfoque de economía circular le permitiría a la organización transformar un problema en una oportunidad, disminuyendo el impacto ambiental y al mismo tiempo generando beneficios económicos y sociales. La reducción en la compra de nuevos embalajes, junto con la posibilidad de crear alianzas con recicladores y proveedores locales, representa un escenario en el que la gestión de residuos deja de ser una carga y se convierte en un factor de innovación, sostenibilidad y competitividad para la compañía.

Marco Referencial

Estado del Arte

El concepto de logística inversa ha experimentado una evolución significativa en las últimas décadas, consolidándose como una alternativa fundamental para la gestión sostenible de residuos. La literatura especializada indica que la logística inversa actúa como mecanismo para cerrar el ciclo de materiales: facilita la devolución, clasificación y recuperación de productos a fin de extraer valor vía reutilización, remanufacturado o reciclaje, lo que refuerza la circularidad en la cadena de suministro (Mallick et al., 2023; Roudbari et al., 2021). En el sector energético, su aplicación ha mostrado resultados positivos al optimizar el uso de los recursos y al mismo tiempo contribuir a la reducción del impacto ambiental, aspecto destacado por la Organización Internacional del Trabajo (2021).

En el contexto colombiano, el Ministerio de Ambiente & Desarrollo Sostenible (2023) ha impulsado regulaciones orientadas a garantizar una gestión eficiente de los residuos industriales, incentivando la adopción de estrategias basadas en la economía circular. Dichas disposiciones normativas establecen que las empresas deben formular planes específicos para la reutilización de residuos sólidos, con el fin de minimizar la contaminación y asegurar un mayor aprovechamiento de los recursos disponibles.

Investigaciones recientes han evidenciado que la incorporación de los principios de economía circular en las cadenas logísticas no solo incrementa la eficiencia operativa, sino que también abre nuevas oportunidades de negocio. González & Pérez (2022) destacan que el aprovechamiento de materiales reciclables contribuye a la reducción de los costos asociados a la disposición final y, de manera paralela, fortalece la responsabilidad social corporativa de las organizaciones.

La relevancia de la logística inversa trasciende el ámbito nacional y se ha convertido en un pilar dentro de las estrategias de sostenibilidad en América Latina. La Comisión Económica para América Latina & el Caribe (CEPAL, 2022), en su informe Economía Circular en América Latina y el Caribe, expone cómo diversos países de la región han comenzado a diseñar políticas públicas e impulsar iniciativas privadas orientadas a la reutilización y el reciclaje de residuos, particularmente en sectores industriales y de servicios. Estas tendencias respaldan la pertinencia del modelo propuesto para la organización, al alinearse con lineamientos regionales y con los compromisos internacionales en materia de sostenibilidad.

De igual manera, un estudio desarrollado por el Banco Interamericano de Desarrollo en conjunto con el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (BID & PNUMA, 2023) advierte que, si bien el aprovechamiento energético de residuos sólidos en la región enfrenta retos de carácter técnico y financiero, constituye una oportunidad valiosa para reducir impactos negativos sobre el medioambiente y fomentar la innovación en la gestión de residuos. En este escenario, el proyecto aquí propuesto adquiere relevancia al centrarse en la valorización de residuos de madera, los cuales pueden convertirse en insumos para la generación de nuevos productos o fuentes de energía alternativa.

La literatura especializada también resalta que las estrategias de logística inversa y de cadenas de suministro de ciclo cerrado favorecen no solo la disminución del volumen de desechos, sino también la mejora de la eficiencia operacional a través de la recuperación y reintegración de materiales en el proceso productivo. En esta línea, diversos estudios coinciden en que la implementación de dichas estrategias resulta especialmente relevante para organizaciones que manejan grandes volúmenes de embalajes en madera (como estibas y guacales) que suelen ser descartados sin procesos previos de valorización.

Un ejemplo adicional lo constituyen los hallazgos de Velásquez & Rodríguez (2020), quienes estudiaron la implementación de prácticas de logística inversa en el sector textil colombiano. Aunque corresponde a una industria distinta, su investigación resalta la importancia de disponer de infraestructura adecuada, personal capacitado y alianzas estratégicas con actores de la cadena de reciclaje, aspectos que también se identifican como retos para el grupo objeto de este estudio.

Finalmente, el informe técnico Transición energética y valorización de residuos sólidos en América Latina y el Caribe (ResearchGate, 2023) subraya la urgencia de integrar modelos de economía circular en los sectores de energía y residuos. Este documento aporta evidencia actualizada sobre la capacidad de la región para enfrentar los desafíos ambientales mediante tecnologías y estrategias replicables, dentro de las cuales la logística inversa ocupa un lugar central.

En suma, las referencias analizadas consolidan el estado del arte de la presente investigación, demostrando que la propuesta de implementar un modelo de logística inversa en el almacén no solo resulta técnicamente viable, sino que además se encuentra alineada con las mejores prácticas internacionales, con los marcos regulatorios vigentes en Colombia y con las tendencias emergentes en materia de sostenibilidad y economía circular en América Latina.

Marco Teórico

La logística tradicional históricamente se puede considerar como la arteria que alimenta el ciclo de vida de un producto, llevándolo desde su manufactura hasta el consumidor final en un flujo lineal e implacable, la logística inversa emerge como el sistema circulatorio que permite su regeneración. Este proceso, el cual tiene como propósito el retorno de los productos, materiales y residuos desde el punto de consumo hacia el punto de origen con la finalidad de recuperación de valor o una correcta disposición final, esto hace que deje de ser una actividad reactiva y se convierta en un pilar estratégico de la organización. En un mundo donde los recursos son finitos y la conciencia ambiental y social es creciente, las empresas se enfrentan a un nuevo paradigma.

La logística inversa fue definida de manera seminal por Rogers & Tibben (1998) como "el proceso de planificar, implementar y controlar el flujo eficiente y rentable de las materias primas, los inventarios en proceso, los productos terminados y la información relacionada desde el punto de consumo hasta el punto de origen con el propósito de recuperar valor o asegurar una correcta eliminación" (p. 2). Esta definición deja claro un papel o rol de suma importancia que debe adoptar una organización: aprovechar cada uno de sus procesos en su máximo esplendor. Por ello, se debe romper el paradigma de que la logística inversa solo implica devolver un producto a un cliente insatisfecho; en realidad, requiere analizar cada aspecto de la cadena de valor y entender que existen elementos de retorno con un potencial mucho mayor que un simple PQR o un desecho.

Siguiendo lo expuesto en el párrafo anterior, se puede afirmar que la logística inversa puede entenderse como un símil ecológico: si un ecosistema natural procesa los desechos para convertirlos en nutrientes para nuevos ciclos de vida, la logística inversa busca imitar este principio en el ecosistema industrial, cerrando el ciclo de los materiales y transformando lo que

antes era una externalidad negativa (residuos) en insumos para nuevos procesos. Autores como Guide & Wassenhove (2009) han profundizado en este concepto, explorando cómo la gestión de productos al final de su vida útil (End-of-Life, EOL) y la remanufactura pueden crear cadenas de valor circulares altamente eficientes. La crítica inherente aquí recae sobre el modelo económico lineal tradicional (extraer-producir-desechar), al cual la logística inversa desafía directamente al proponer un modelo circular.

El marco de las 3R (Reducir, Reutilizar, Reciclar) ha sido durante años el estandarte del ecologismo básico. Sin embargo, desde una perspectiva de gestión empresarial estratégica, este marco se ha expandido y refinado hacia las 6R, que ofrecen un espectro de acciones más amplio y preciso para la creación de valor. La secuencia de las 6R no es aleatoria; representa una jerarquía de preferencia. La máxima generación de valor y la mínima afectación ambiental se logran con las primeras R (Reducir, Reutilizar), mientras que las últimas (Reciclar, Recuperar) representan soluciones de “final de tubería”. Una gestión estratégica implica diseñar productos y procesos que maximicen el uso de las R superiores. Esto se puede observar a continuación en la definición de cada una de ellas.

Reutilización

Es la R primaria y más eficaz. Se trata de minimizar en origen la cantidad de materiales utilizados, el consumo energético y la generación de residuos. Implica un diseño ecoeficiente (DfE - Design for Environment) y una optimización de procesos que atacan el problema de raíz. Como señala Braungart (2002) en su obra "Cradle to Cradle" (De la Cuna a la Cuna), la reducción debe ir más allá de la mera eficiencia; debe buscar la "efectividad", diseñando productos que desde su concepción no generen desechos, sino nutrientes técnicos o biológicos.

Reparación

En este caso, la mercancía dañada se somete a un proceso de reparación para que pueda volver a funcionar correctamente.

Restauración

El objetivo del proceso de restauración es devolverle al producto su valor original, a pesar de estar usado. Gracias a la implementación de nuevas tecnologías, es posible llevar a cabo este método con ciertas mercancías.

Re-fabricación

Va un paso más allá de la reparación. Como lo explica Guide & Wassenhove, (2009), implica desmontar un producto usado, inspeccionar, limpiar, reparar y reemplazar componentes críticos para dejarlo en unas condiciones de funcionamiento iguales o incluso superiores a las del producto nuevo, pero con un costo económico y ambiental mucho menor. Es un área donde empresas como Caterpillar han construido negocios multimillonarios, demostrando su viabilidad económica.

Reciclaje

A través de este proceso se busca la recuperación de materiales residuales, utilizando como materia prima todo aquello que pueda reutilizarse y desechando lo que no tenga valor.

Rediseño

Este paso implica ajustar los tamaños de los productos a las nuevas necesidades de los consumidores, así como desarrollar diseños de envases que tengan en cuenta las consecuencias medioambientales.

Esto se evidencia en la Tabla 4, en la cual se incorporan estos conceptos dentro del proyecto y se muestra cómo fueron articulados de manera coherente con su estructura y objetivos.

Por ende, la logística inversa, articulada a través del marco estratégico de las 6R, representa un cambio fundamental en la filosofía de gestión empresarial. Lejos de ser una moda pasajera o una simple respuesta a la presión regulatoria, es una respuesta lógica y necesaria a los límites planetarios y a las nuevas demandas del mercado. Transforma la gestión de residuos, tradicionalmente una externalidad, en una oportunidad interna de innovación, eficiencia y construcción de ventajas competitivas duraderas. Las empresas que logren internalizar este paradigma circular, diseñando sus productos y procesos con las 6R en mente, no solo estarán asegurando su licencia social para operar en el futuro, sino que estarán construyendo organizaciones más resilientes, rentables y, en última instancia, regenerativas. El círculo, efectivamente, se cierra, pero no como un fin, sino como el comienzo de un nuevo ciclo de creación de valor.

Para este proyecto se seleccionó y adaptó el modelo de las 6R, en donde se busca reparar, reutilizar, rediseñar y reciclar. Esta elección responde a la diversidad de residuos generados en el almacén Interferías, al alto potencial de recuperación identificado en el diagnóstico (60% de los residuos son madera reutilizable) y a la necesidad de reducir costos operativos y mejorar la eficiencia logística. El modelo fue validado mediante un piloto que demostró su viabilidad técnica, económica y ambiental, alineándose con las políticas de sostenibilidad de la empresa.

Por su parte, Muñoz & García (2021) definen la logística inversa como un proceso sistemático que gestiona el retorno de productos y materiales después de su uso, con el propósito de reincorporarlos al ciclo productivo o disponer de ellos de manera ambientalmente adecuada.

Este enfoque permite optimizar recursos, reducir costos y asegurar el cumplimiento normativo. La propuesta de este proyecto se orienta a la implementación de un modelo de logística inversa en la organización, diseñado específicamente para la gestión de residuos sólidos de madera, lo que facilita la reutilización y el reciclaje dentro de los principios de la economía circular.

La relevancia de esta gestión se ve reforzada por la Organización Internacional del Trabajo (2021), que sostiene que una administración eficiente de residuos sólidos resulta esencial para mitigar impactos ambientales, cumplir con exigencias regulatorias y disminuir costos operativos. En este sentido, las etapas tradicionales de clasificación, almacenamiento y disposición final se complementan con la incorporación de estrategias de logística inversa, lo que permite transformar los desechos en materiales reutilizables y mejorar la eficiencia operativa de la empresa.

El marco normativo colombiano, a través del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2023), establece lineamientos específicos para la gestión de residuos industriales, con el objetivo de incentivar prácticas empresariales sostenibles que reduzcan la contaminación e impulsen la innovación. En este contexto, la implementación de un modelo de logística inversa en la organización no solo responde a los lineamientos regulatorios, sino que fortalece la responsabilidad social corporativa de la empresa.

Es así como en la literatura se reconocen diversos modelos de logística inversa, entre los cuales se encuentran aquellos que buscan la recuperación directa mediante la reutilización de productos sin mayores transformaciones; los orientados al remanufacturado y al reacondicionamiento, prolongando la vida útil de los materiales a través de reparaciones o mejoras; los que apuestan por el reciclaje, transformando los residuos en nuevas materias primas; y los que se enfocan en el aprovechamiento energético utilizando los desechos como fuente

alternativa de energía. También existen esquemas híbridos que integran varias de estas estrategias y que, en algunos casos, se apoyan en herramientas digitales de trazabilidad para optimizar la gestión de materiales.

En la práctica, la primera etapa contempla la recolección y clasificación en origen a través de puntos de acopio señalizados en el depósito, acompañados de procesos de capacitación al personal en separación básica, atendiendo la ausencia de protocolos estandarizados que se identificó en las encuestas. Posteriormente, se aplica la estrategia de reutilización y reparación, que busca reincorporar estibas, guacales y pallets en buen estado a las operaciones internas, mientras que aquellos con daños parciales pasan por procesos de recuperación sencillos, como la sustitución de piezas. El piloto realizado demostró que esta estrategia es viable, ya que permitió recuperar 50 estibas y 20 guacales con costos mínimos, como se muestra en el Anexo 4 del presente documento.

Cuando los residuos no pueden ser reutilizados, el modelo plantea su separación física para reciclaje en alianza con la empresa LITO para su valorización mediante reciclaje mecánico, a través de trituración y compactación, con el fin de producir tableros aglomerados, mobiliario básico o elementos de soporte.

El segundo pilar es la trazabilidad digital, que se implementa por medio de registros sistemáticos con fichas de control en los que se consigne el estado, los ciclos de uso, la fecha de reparación y el destino final de cada unidad de madera. Este mecanismo permitirá generar indicadores de gestión relacionados con el volumen reutilizado, el ahorro económico y la reducción de residuos enviados a disposición final.

La evaluación del modelo se fundamenta en metas específicas como la reducción del 70% en los residuos enviados a disposición final, un ahorro del 40 % en costos de disposición externa

(equivalente a cerca de dos millones de pesos mensuales) y la reincorporación de al menos 50 estibas por mes. Estos resultados, junto al cumplimiento normativo, convierten la propuesta en una estrategia que no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también fortalece la imagen corporativa de la organización en materia de sostenibilidad.

En conclusión, al revisar los distintos modelos de logística inversa y contrastarlos con la situación encontrada, se definió adaptar la propuesta de las 6R, que integra la reutilización, la reparación, el rediseño y el reciclaje. Esto permite responder a las necesidades específicas de la empresa, disminuyendo el impacto ambiental y los costos operativos, al tiempo que impulsa la economía circular, la competitividad y el posicionamiento de la organización dentro de las tendencias actuales de sostenibilidad empresarial.

Marco Conceptual

El marco conceptual de este proyecto establece las definiciones de los conceptos, lo cual es primordial ya que fundamenta la propuesta de un modelo de logística inversa para la gestión sostenible de residuos sólidos de madera en la entidad seleccionada. Estos conceptos resultan esenciales para comprender el alcance de la investigación y la orientación de sus objetivos, ya que permiten articular las bases teóricas con la aplicación práctica de la propuesta.

En primer lugar, los residuos sólidos se entienden como materiales descartados que carecen de un valor económico inmediato, pero que, mediante una adecuada gestión, pueden ser reciclados, reutilizados, reparados rediseñados o dispuestos de manera ambientalmente responsable. En el caso particular de este proyecto, la atención se centra en los desechos de madera, tales como estibas, guacales y pallets, carretos generados en las operaciones de la empresa, los cuales representan un volumen significativo con alto potencial de aprovechamiento.

El concepto de logística inversa ocupa un lugar central en este trabajo. Se concibe como el proceso de planificación, implementación y control del flujo eficiente y costo-efectivo de materiales, productos y desechos desde el punto de consumo hasta el punto de origen, con el propósito de recuperar su valor o asegurar su disposición adecuada. En el marco del proyecto, la logística inversa busca reincorporar los residuos de madera al ciclo productivo o redirigirlos a procesos de reciclaje, garantizando tanto el aprovechamiento de recursos como el cumplimiento normativo.

De manera complementaria, la economía circular constituye un modelo económico orientado a mantener el valor de los recursos, materiales y productos durante el mayor tiempo posible dentro del ciclo productivo, reduciendo al mínimo la generación de residuos. Este

enfoque se fundamenta en la reutilización, el reciclaje y la reducción de desechos como estrategias primordiales para optimizar el uso de los recursos y preservar el medio ambiente.

La noción de gestión sostenible resulta igualmente relevante, ya que implica la adopción de prácticas que permiten un uso eficiente y responsable de los recursos disponibles, minimizando el impacto ambiental y promoviendo el desarrollo social y económico. En el contexto de la organización, este concepto se traduce en la necesidad de implementar estrategias que armonicen las operaciones de la empresa con los principios de sostenibilidad y con los lineamientos regulatorios vigentes.

El concepto de sostenibilidad se entiende como la capacidad de satisfacer las necesidades presentes sin comprometer la posibilidad de que las futuras generaciones satisfagan las suyas. Esta visión integra tres dimensiones fundamentales: la ambiental, enfocada en la conservación de los recursos naturales y la reducción del impacto ecológico; la social, que busca garantizar bienestar y equidad en las comunidades; y la económica, orientada a un desarrollo responsable que equilibre la producción y el consumo en el largo plazo.

La normativa ambiental se presenta como un eje transversal dentro del desarrollo de este proyecto, ya que establece el marco legal que orienta las responsabilidades empresariales en cuanto al manejo adecuado de los residuos y la mitigación de sus impactos sobre el entorno. Esta propuesta de logística inversa se encuentra en sintonía con las disposiciones colombianas que regulan el tratamiento de residuos sólidos industriales, lo que no solo garantiza el cumplimiento de la ley, sino que también impulsa una mejora continua en los procesos de gestión ambiental.

En conjunto, todos estos elementos conforman el marco conceptual que da sustento al proyecto, aportándole rigor académico y relevancia práctica. Gracias a esta base, la estrategia de

logística inversa se proyecta como una solución integral que promueve la sostenibilidad y abre nuevas posibilidades para la innovación dentro de la organización.

Modelos de Logística

Es importante entender que la logística aplicada para la mejora de los procesos tiene un sinnúmero de aplicaciones en la industria. Sin embargo, es fundamental diferenciar los modelos que se pueden aplicar y determinar en qué momento deben usarse para lograr los objetivos trazados por la organización.

Dentro de los modelos logísticos se pueden encontrar enfoques desde la logística inversa. Para esto se pueden analizar modelos de devoluciones comerciales, postventa, embalajes, residuos, reciclaje, retornos de vida útil y recuperación energética. Por ende, comprender la finalidad específica de lo que se pretende permite definir hacia dónde se debe orientar la mejora a plantear.

Logística Inversa de Residuos o Desechos

El principio fundamental que sustenta la logística inversa es la reconceptualización de los desechos. Como señala Braungart (2021), “la basura es un error de diseño” (p. 45). Bajo esta premisa, las mermas y los subproductos de un proceso productivo no representan un final, sino un punto de partida. La logística inversa actúa, en un símil anatómico, como el sistema venoso que retorna la sangre al corazón para su reoxigenación, complementando al sistema arterial propio de la logística convencional.

La implementación de proyectos destinados a aprovechar estos flujos inversos —como el propuesto en el contexto de una tesis doctoral en ingeniería logística— representa la materialización de este ideal. Se busca la eficiencia pura, donde el costo de la disposición final se convierte en el valor de una materia prima secundaria. Este enfoque es ampliamente reconocido

por su racionalidad económica y ambiental, generando lo que algunos autores denominan “cadenas de suministro verdes” (Srivastava, 2007, p. 54).

No obstante, la implementación de la logística inversa puede estar sujeta a una paradoja significativa. A menudo, se adopta como una solución incremental dentro de un sistema que permanece fundamentalmente lineal, lo que genera una situación irónicamente similar a “instalar un filtro de agua en un grifo que sigue conectado a una fuente contaminada”. La crítica aquí no reside en la herramienta en sí, que es técnicamente sólida, sino en el marco que la contiene. Como advierte Zink (2018), existe el riesgo de que las empresas utilicen estas prácticas como un “barniz de sostenibilidad” (p. 112), donde la recuperación de un pequeño porcentaje de mermas enmascara la generación de volúmenes mucho mayores de residuos no reciclables o la perpetuación de modelos de negocio basados en el alto consumo.

Esta aproximación cosmética puede conducir a lo que se ha denominado la “tiranía de la eficiencia” (Hervani et al., 2022, p. 88), donde el éxito se mide exclusivamente por métricas de coste-beneficio a corto plazo, ignorando la necesidad de una reingeniería profunda de los procesos y productos para que sean intrínsecamente circulares. La ironía subyace en que un mecanismo diseñado para cerrar ciclos pueda, en la práctica, servir para justificar y perpetuar un sistema abierto de extracción–desecho, siempre que la cuenta de resultados inmediata sea favorable.

La logística inversa de residuos representa una herramienta de gran capacidad para la optimización de recursos y el aprovechamiento de mermas, siendo un campo de vital importancia para la ingeniería logística contemporánea. Sin embargo, es imperativo mantener una perspectiva crítica. Su verdadero potencial no se alcanzará si se la concibe meramente como un parche técnico dentro del modelo lineal predominante. La ironía de una “circularidad superficial” debe

ser superada mediante una adopción estratégica que cuestione el diseño mismo de los productos y los procesos, aspirando no solo a gestionar mejor los residuos, sino a eliminar el propio concepto de desecho.

Marco Contextual

Localización

El proyecto se desarrolla en el almacén principal de Centrales Eléctricas del Norte de Santander, ubicado en Cúcuta, Norte de Santander. Este espacio se utiliza para almacenar materiales y residuos sólidos generados por las operaciones de la empresa, como se evidencia en la imagen 1.

Figura 1

Localización



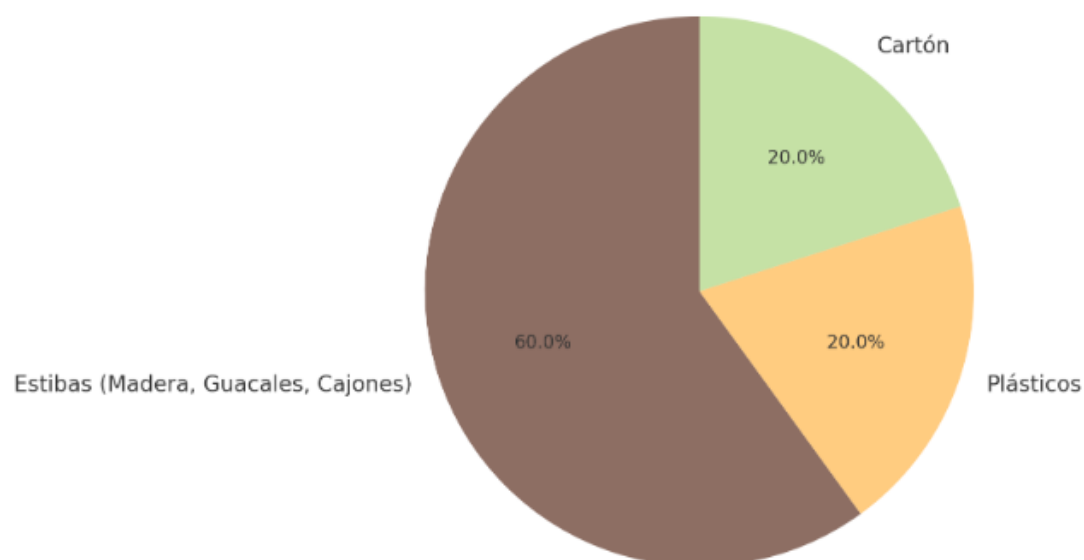
Nota. Fotografía aérea que muestra la ubicación geográfica del Almacén en la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander, Colombia.

La Electrificadora enfrenta el desafío de gestionar de manera eficiente los residuos sólidos de madera que se generan en el desarrollo de sus operaciones. Se estima que la empresa produce entre 3 y 4 m³ de residuos de embalaje al mes, los cuales son entregados a una empresa externa para su manejo. Esta práctica, además de generar costos adicionales, limita el

aprovechamiento del potencial de reutilización que poseen dichos materiales, como se identifica en la figura 2.

Figura 2

Distribución Porcentual de 1m³ de Residuos Generados Mensualmente



Nota. Gráfico circular que representa la proporción estimada de los diferentes tipos de residuos que conforman 1 m³ de los desechos generados mensualmente en el almacén Interferías. De acuerdo con la información del apéndice A y el cálculo aproximado realizado debido a la ausencia de documentos que indiquen un valor exacto, se estimó que los residuos están compuestos por madera (60%), plástico (20%) y cartón (20%). Este gráfico se elaboró con el propósito de visualizar de forma clara qué tipo de desecho se genera en mayor cantidad y cómo se distribuyen equitativamente aquellos que se producen en menor volumen.

La infraestructura disponible para la gestión de residuos en la compañía presenta limitaciones en cuanto a la capacidad de almacenamiento y los procesos de clasificación. Actualmente, no existe un sistema estructurado de separación en la fuente ni un área específica destinada a la valorización de materiales reutilizables. Como consecuencia, la disposición final de los residuos se realiza principalmente a través de terceros, lo que no solo incrementa los costos operativos, sino que también reduce las posibilidades de recuperación de materiales reciclables.

Adicionalmente, la ausencia de maquinaria especializada, como trituradoras o compactadoras, dificulta la optimización del espacio y la preparación de los residuos para su reutilización o comercialización. Estas limitaciones evidencian la necesidad de adaptar e implementar un modelo de logística inversa que contribuya a mejorar la eficiencia en la gestión de residuos de madera, al tiempo que reduzca el impacto ambiental asociado a las operaciones de la empresa.

Instrumentos de Recolección de Información Preliminar

Se aplicaron encuestas a diversos actores internos de la empresa, entre ellos coordinadores de operaciones, responsables del área de sostenibilidad y personal de gestión ambiental. Los principales hallazgos obtenidos se sintetizan a continuación:

Tipos de Residuos Generados. Principalmente madera, plásticos y cartón.

Volumen Estimado Mensual. Alrededor de 1 m³ de residuos sólidos.

Gestión Actual. La mayoría de los residuos son tratados por terceros, sin que exista un proceso formal de reutilización o reciclaje dentro de la empresa.

Principales Desafíos Identificados. Carencia de infraestructura adecuada, altos costos asociados a la disposición final, escasez de proveedores de reciclaje y limitado conocimiento sobre normativas ambientales.

Normativas Ambientales Aplicadas. Cumplimiento de disposiciones del Ministerio de Ambiente relacionadas con la reutilización de residuos aprovechables.

Percepción Sobre La Logística Inversa. Un porcentaje significativo de los encuestados considera que la implementación de un modelo de logística inversa contribuiría a mejorar la eficiencia en la gestión de residuos, reducir costos y fortalecer la imagen corporativa de la compañía.

Estos resultados ponen de manifiesto la necesidad de establecer un sistema estructurado de logística inversa que permita optimizar la gestión de residuos en la empresa, alineándola con criterios de sostenibilidad y responsabilidad ambiental.

Oportunidades y Desafíos

A continuación, se observan las oportunidades y desafíos del presente proyecto aplicado en la tabla 1.

Tabla 1

Oportunidades y Desafíos Identificados en la Gestión de Residuos de la Organización

Oportunidades	Desafíos
Reducir costos operativos	Capacitar al personal
Cumplir con normativas ambientales	Desarrollar políticas internas claras
Mejorar la imagen corporativa	Establecer alianzas estratégicas para el reciclaje de materiales

Nota. Cuadro comparativo que sintetiza las principales oportunidades de mejora y los desafíos identificados en el diagnóstico inicial (ver apéndice A) sobre la gestión de residuos en la organización.

Marco Metodológico

El marco metodológico de este proyecto describe el enfoque, los métodos y las técnicas utilizadas para el rediseño y adaptación de un modelo de logística inversa orientado a la gestión sostenible de residuos sólidos de madera en el almacén. Este planteamiento garantiza un análisis estructurado y riguroso de la problemática, así como de las posibles soluciones, en coherencia con los objetivos específicos de la investigación.

El proyecto se desarrolla bajo la modalidad de proyecto aplicado, de acuerdo con lo establecido en el Reglamento Estudiantil de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), lo cual permite formular propuestas orientadas a dar solución a problemas concretos dentro de una organización mediante la aplicación de conocimientos teóricos y metodológicos adquiridos durante el proceso formativo. Asimismo, se adopta un enfoque de investigación aplicada, dado que se orienta a resolver la problemática específica de la organización relacionada con la inadecuada gestión de residuos sólidos de madera. La tipología seleccionada es descriptiva-propositiva, ya que en una primera etapa se describen las condiciones actuales del manejo de residuos en la empresa y, posteriormente, se plantea una propuesta de modelo de logística inversa fundamentada en los principios de economía circular y sostenibilidad ambiental.

El estudio se desarrolla bajo un enfoque mixto, que combina técnicas cualitativas y cuantitativas. Desde lo cualitativo, se aplican entrevistas semiestructuradas (ver apéndice F) observación directa para comprender prácticas y percepciones institucionales; y desde lo cuantitativo, se recopilan y analizan datos sobre volúmenes de residuos, costos asociados y frecuencia de generación, lo que permite sustentar la propuesta y evaluar su viabilidad.

Tipo De Investigación

El presente proyecto se enmarca en una investigación aplicada, ya que busca dar solución a una problemática concreta en la empresa, relacionada con la gestión inadecuada de los residuos sólidos de madera generados en sus operaciones logísticas. La finalidad es proponer e implementar un modelo de logística inversa que permita transformar estos desechos en recursos aprovechables, generando impactos positivos en términos ambientales, operativos y económicos.

Para garantizar rigurosidad en el análisis, se adopta un diseño cuasiexperimental longitudinal, mediante el cual se contempla la aplicación progresiva del modelo y la medición de variables antes, durante y después de su ejecución, con el propósito de determinar sus efectos y el grado de mejora alcanzado.

La estrategia metodológica se sustenta en un enfoque mixto, combinando técnicas cualitativas y cuantitativas que ofrecen una visión amplia e integral del fenómeno estudiado. En el componente cualitativo, se aplican entrevistas semiestructuradas a los responsables de la gestión ambiental y operativa de la empresa, así como encuestas dirigidas al personal vinculado al manejo de residuos, complementadas con la observación directa de los procesos.

Esta aproximación permite identificar percepciones, barreras, oportunidades de mejora y el nivel de conocimiento existente frente a la logística inversa. Por su parte, el componente cuantitativo se centra en la recolección y análisis de datos objetivos relacionados con el volumen de madera recuperada (m^3), la cantidad de estibas y guacales reincorporados al ciclo operativo, los costos evitados en la disposición final, las horas de trabajo invertidas y el porcentaje de cumplimiento normativo alcanzado con la implementación del modelo.

La combinación de ambos enfoques posibilita no solo la verificación empírica de los resultados, sino también la comprensión de los factores humanos, técnicos y organizacionales

que inciden en la gestión de residuos. De esta manera, la metodología adoptada asegura un análisis estructurado, riguroso y alineado con los objetivos específicos del proyecto, fortaleciendo la pertinencia y viabilidad de la propuesta para la organización.

Población y Muestra

La población objetivo del presente estudio está conformada por los colaboradores de la electrificadora que intervienen de manera directa o indirecta en las actividades relacionadas con el manejo, clasificación, almacenamiento, reacondicionamiento y disposición de los residuos sólidos de madera, así como por aquellos responsables del control y seguimiento de los procesos ambientales.

La muestra se definió mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, orientado a seleccionar a los actores con mayor nivel de interacción y responsabilidad dentro del proceso de gestión de residuos.

En este marco, se incluyó a cuatro técnicos operativos encargados de la manipulación y reacondicionamiento de estibas y guacales; un tecnólogo almacenista responsable de recibir y utilizar los materiales recuperados; un tecnólogo de bienes improductivos encargado de la entrega de residuos; un profesional de operación y logística encargado de supervisar y coordinar el flujo interno de los elementos reutilizables; un profesional del área ambiental responsable de la clasificación, registro y control del material recuperado; y un coordinador de almacén encargado de la administración de bienes.(ver apéndice D)

Esta selección permitió obtener información representativa sobre las prácticas actuales y las percepciones del personal involucrado, garantizando la pertinencia de los datos para el diseño y validación del modelo de logística inversa propuesto.

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

El método adoptado en el desarrollo de este proyecto es de carácter descriptivo y propositivo. Desde la perspectiva descriptiva, se busca identificar y analizar el estado actual de la gestión de los residuos sólidos de madera en el centro de distribución, evaluando aspectos como los procesos de clasificación, el volumen de materiales generados y su impacto económico y ambiental. Este análisis constituye la base para comprender las limitaciones y oportunidades existentes en la organización.

En su dimensión propositiva, el método se orienta a la adaptación de un modelo de logística inversa que optimice la gestión de los residuos de madera mediante estrategias de reutilización, reciclaje y disposición adecuada, en coherencia con los principios de la economía circular y la sostenibilidad empresarial.

Para la recolección de información se emplearon diversos instrumentos que permitieron sustentar el análisis y garantizar la validez de los resultados. La lista de chequeo operativa incluida ver (Apéndice E), se utilizó para verificar la correcta ejecución de las actividades, el estado de las áreas y el cumplimiento de las medidas de seguridad. Asimismo, se aplicó una ficha de control (ver apéndice D) de residuos recuperados, donde se consignaron datos como fecha, tipo de material, volumen o número de unidades, acción realizada, tiempo invertido, responsable y uso final. Estos registros fueron complementados con encuestas estructuradas que permitieron medir la percepción del personal, identificar dificultades y evaluar la facilidad de aplicación del modelo.

Adicionalmente, se realizaron entrevistas semiestructuradas con personal clave registradas en el Apéndice G, cuyo propósito fue obtener información cualitativa más profunda sobre las dinámicas del proceso. Finalmente, se llevó a cabo un registro fotográfico y documental

que sirvió como evidencia de los avances y resultados alcanzados antes y después de la fase piloto.

Fases del Desarrollo del Proyecto y la Implementación del Piloto

El proyecto se estructuró en fases articuladas con los objetivos específicos definidos en la investigación. En primer lugar, se desarrolló el diagnóstico, como se aprecia en la tabla 2 cronograma de actividades orientado a la recolección y análisis de datos sobre los residuos sólidos de madera generados por la empresa, así como a la evaluación de las prácticas actuales de gestión. Esta etapa permitió identificar los tipos de residuos y estimar su volumen anual.

Posteriormente, se llevó a cabo la fase de diseño del modelo propuesto, en la cual se identificaron estrategias de logística inversa aplicables a la organización y se elaboró un plan de acción para su implementación, con el fin de analizar los costos y beneficios frente a los métodos tradicionales de disposición. A continuación, se avanzó hacia la validación del modelo, que consistió en la evaluación de su viabilidad técnica, económica y ambiental, realizando los ajustes necesarios a partir de los resultados obtenidos, especialmente en lo relacionado con la selección de tecnologías y proveedores para la reutilización y el reciclaje.

Finalmente, se elaboró el informe final, donde se presentaron los resultados alcanzados y se formularon recomendaciones específicas para la puesta en marcha del modelo de logística inversa en la empresa. De esta manera, la metodología se desarrolló mediante fases secuenciales que integraron un enfoque técnico y participativo.

La fase de diagnóstico y caracterización de residuos tuvo como propósito identificar los tipos y volúmenes de madera generados en la organización y sus principales fuentes. Para ello, se realizaron visitas técnicas al almacén de Cúcuta, observación directa de las condiciones de almacenamiento y manejo, y la aplicación de encuestas al personal del área de logística. La fase

de revisión normativa y tecnológica se centró en el análisis de la legislación ambiental vigente y la identificación de tecnologías disponibles en el sector para la reutilización y el reciclaje, a partir de revisiones documentales y búsquedas bibliográficas especializadas. Posteriormente, en la fase de identificación de actores principales, se reconocieron las partes interesadas con potencial de apoyo al modelo, como proveedores de tecnología, socios estratégicos, recicladores locales y consultores ambientales, mediante entrevistas y un mapeo de actores.

Una vez recopilada esta información, se desarrolló la fase de adaptación del modelo de logística inversa, en la cual se formularon las etapas de recolección, clasificación, almacenamiento, valorización y reinserción de los residuos de madera, integrando los hallazgos previos y validando el modelo de manera interna con los responsables del área ambiental. Finalmente, en la fase de evaluación y elaboración del informe final, se analizó la viabilidad técnica, económica y ambiental del modelo propuesto, comparando los costos actuales con los proyectados, y se sistematizaron los resultados en un documento consolidado con recomendaciones.

En cuanto al plan de ejecución del piloto, este se desarrolló en cuatro fases. La fase de preparación, realizada en la primera semana, incluyó la revisión del plan, la asignación de recursos, la adquisición de herramientas, la adecuación de áreas de acopio temporal con señalización y la capacitación inicial del personal.

La fase de ejecución, desarrollada entre la segunda y quinta semana, comprendió la clasificación de los residuos en reutilizables, no reutilizables y contaminados; el proceso de reparación y reacondicionamiento de la madera; su reutilización en operaciones internas o proyectos de mobiliario; y el registro detallado de la información en las fichas de control.

Posteriormente, en la fase de medición y análisis, correspondiente a la sexta semana, se aplicaron encuestas y listas de chequeo, se consolidaron los datos cuantitativos y cualitativos, y se calcularon los indicadores fundamentales. Finalmente, en la fase de cierre, desarrollada en la séptima semana, se elaboró el informe final, se presentaron los resultados al comité de sostenibilidad y se formularon recomendaciones para la implementación total del modelo.

Durante cada una de estas fases se emplearon instrumentos de recolección de información que facilitaron la evaluación de la rentabilidad y eficiencia del piloto implementado en el almacén Interferías. Para este propósito se utilizaron entrevistas semiestructuradas, fichas de control, listas de chequeo y encuestas, complementadas con la revisión de la normatividad ambiental vigente y el análisis del nivel de cumplimiento alcanzado.

Los resultados obtenidos en el desarrollo de la investigación permitieron dar cumplimiento a los objetivos planteados, demostrando la pertinencia y viabilidad de implementar un modelo de logística inversa para la gestión sostenible de los residuos sólidos de madera en la empresa.

Alcance y Delimitaciones

El proyecto se delimita al análisis y gestión de los residuos sólidos de madera generados en el almacén principal de esta electrificadora, ubicado en la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander. Si bien las estrategias diseñadas poseen un carácter replicable en otros escenarios operativos de la empresa o en organizaciones con dinámicas similares, su implementación y validación se circunscriben exclusivamente a este espacio operativo, lo que permite garantizar un control más riguroso de las variables y condiciones del estudio.

En este marco, la variable independiente corresponde a la implementación del modelo de logística inversa para la recuperación, acondicionamiento y reutilización de los residuos de

madera. Por su parte, las variables dependientes se definen en función de los resultados esperados del modelo, incluyendo: el volumen de madera recuperado expresado en metros cúbicos; el número de unidades reutilizadas, tales como estibas, guacales, carretos y estibas pequeñas; el ahorro en costos asociados a la disposición final, calculado en pesos colombianos (COP); el nivel de satisfacción del personal involucrado, medido en porcentaje; y el grado de cumplimiento normativo alcanzado, igualmente expresado en porcentaje.

Estas variables permiten establecer una relación directa entre la aplicación del modelo propuesto y su impacto operativo, económico, social y ambiental dentro de la empresa.

A continuación, presentamos el cronograma de actividades diseñado para la ejecución del proyecto.

Tabla 2

Cronograma de actividades

Fase / Etapa	Actividades Principales	Responsable(s)	Duración Estimada
Fase 1 – Diagnóstico	<ul style="list-style-type: none"> - Recolección de datos sobre residuos de madera. - Observación directa en almacén Interferías. - Aplicación de encuestas y entrevistas al personal. 	Equipo de investigación / Área ambiental	Mes 1
Fase 2 – Revisión Normativa y Tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis de normatividad ambiental aplicable. - Revisión bibliográfica sobre 	Investigador principal	Mes 2

	logística inversa y economía circular.		
	- Identificación de tecnologías de reciclaje y reutilización.		
Fase 3 – Identificación de Actores Estratégicos	- Mapeo de proveedores y aliados estratégicos. - Entrevistas a recicladores, consultores y empresas proveedoras de maquinaria.	Investigador / Comité ambiental	Mes 2
Fase 4 – Diseño del Modelo Propuesto	- Integración de hallazgos previos. - Formulación del modelo de logística inversa. - Elaboración del plan de acción.	Investigador principal / Área logística	Mes 3
Fase 5 – Implementación Piloto	- Preparación: asignación de recursos y capacitación. - Ejecución: clasificación, reacondicionamiento y reutilización. - Registro en fichas de control y listas de chequeo.	Personal operativo y ambiental	Meses 4 – 5
Fase 6 – Medición y Validación	- Recolección de datos cuantitativos y cualitativos. - Evaluación de indicadores	Investigador principal /	Mes 6

	(volumen recuperado, costos, satisfacción, cumplimiento normativo).	Supervisores logísticos	
	- Ajustes al modelo propuesto.		
Fase 7 – Elaboración del Informe Final	- Sistematización de resultados. - Análisis comparativo de costos y beneficios. - Redacción y presentación del informe final con recomendaciones.	Investigador principal	Mes 7

Nota. Planificación temporal detallada que distribuye las fases y actividades principales del proyecto a lo largo de un período de siete meses, especificando responsables y duración estimada.

Fuente. Autoría Propia

A continuación, presenta el presupuesto estimado para la ejecución del proyecto, organizado por categorías. Este desglose permite identificar los costos unitarios y totales asociados a cada componente, ofreciendo una visión clara y detallada de la inversión requerida.

Tabla 3

Presupuesto Estimado del Proyecto

Categoría	Detalle	Cantidad	Valor Unitario (COP)	Valor Total (COP)
-----------	---------	----------	----------------------	-------------------

1. Recursos Humanos	Honorarios de investigador principal (7 meses)	1	\$3.000.000	\$21.000.000
	Auxiliar de investigación / apoyo logístico (6 meses)	1	\$1.500.000	\$9.000.000
2. Capacitación	Taller de sensibilización en logística inversa y sostenibilidad (personal operativo y ambiental)	1	\$1.500.000	\$1.500.000
3. Materiales y Suministros	Papelería, impresión de encuestas, carpetas, marcadores, señalización de áreas	Lote	\$500.000	\$500.000
	Elementos de bioseguridad (guantes, tapabocas, gafas)	Lote	\$400.000	\$400.000
4. Herramientas y Equipos	Alquiler de trituradora de madera (1 mes)	1	\$2.000.000	\$2.000.000
	Alquiler de compactadora (1 mes)	1	\$1.500.000	\$1.500.000
	Adecuación de área de acopio temporal con señalización	1	\$1.200.000	\$1.200.000
5. Transporte y Logística	Traslados para visitas técnicas, entrevistas y recolección de datos (Cúcuta)	Lote	\$1.000.000	\$1.000.000

6.	Software/licencias para	1	\$800.000	\$800.000
	Documentación y análisis de datos y			
	Difusión diagramación de informe final			
	Impresión y encuadernación	3	\$150.000	\$450.000
	de informe final	ejemplares		
Total Estimado				\$39.350.000

Nota. Desglose financiero que presenta la estimación de costos por categorías requeridas para la implementación del proyecto, mostrando valores unitarios y totales.

Fases del Proyecto

Fase 1. Diagnóstico y Caracterización de Residuos

En esta fase se realizará la recolección y el análisis de información sobre los residuos sólidos de madera generados en el almacén Interferías de CENS. Se identificarán los tipos de residuos, los volúmenes aproximados, las prácticas actuales de manejo y los costos asociados. Asimismo, se aplicarán encuestas y entrevistas al personal operativo, logístico y ambiental, complementadas con visitas técnicas y observación directa.

Fase 2. Revisión Normativa y Tecnológica

Se llevará a cabo una revisión documental de la normativa ambiental vigente en Colombia relacionada con la gestión de residuos sólidos, así como un análisis de tecnologías aplicables a la recuperación, reutilización y reciclaje de madera. Esta revisión permitirá garantizar la alineación del modelo con los requerimientos legales y con las mejores prácticas disponibles.

Fase 3. Identificación de Actores Estratégicos

Se mapearán las partes interesadas internas y externas que pueden influir o apoyar el proceso de implementación del modelo, incluyendo proveedores de tecnología, recicladores locales, consultores ambientales y autoridades competentes. Para ello, se realizarán entrevistas semiestructuradas y un análisis de relaciones estratégicas.

Fase 4. Adaptación del Modelo de Logística Inversa

Con base en la información obtenida en las fases anteriores, se elaborará la propuesta del modelo de logística inversa, estructurado en etapas como recolección, clasificación, almacenamiento, valorización, re inserción y disposición final. Además, se definirán los indicadores de gestión, los lineamientos técnicos y el plan de acción para su aplicación en CENS.

Fase 5. Implementación Piloto

Se desarrollará un piloto en el almacén Interferías de la empresa, que incluirá la separación de residuos en la fuente, la reparación y reacondicionamiento de madera, la reutilización en operaciones internas y la medición de resultados. Para ello, se utilizarán instrumentos como listas de chequeo, fichas de control, encuestas, entrevistas y registro fotográfico.

Fase 6. Evaluación y Análisis de Resultados

En esta fase se consolidarán y analizarán los datos obtenidos durante el piloto, tanto cualitativos como cuantitativos, con el fin de medir la viabilidad técnica, económica y ambiental del modelo propuesto. Se evaluarán indicadores como volumen recuperado, ahorro en costos, nivel de satisfacción del personal y cumplimiento normativo.

Fase 7. Elaboración del Informe Final y Socialización

Finalmente, se integrarán los hallazgos en un informe académico que presentará los resultados del proyecto, las conclusiones y las recomendaciones para la implementación definitiva del modelo en la empresa. Este informe será socializado ante el comité de sostenibilidad de la organización y presentado en el marco del proyecto de grado.

Dentro del modelo implementado en el desarrollo del proyecto, estas fases pueden interpretarse como la aplicación de cada una de las “R” mencionadas, tal como se describe en la Tabla 4.

Tabla 4

Vinculación de cada R a las fases del proyecto

Fase del Proyecto	R vinculada	Acción metodológica
Diagnóstico	Rechazar /Reducir	Identificar residuos innecesarios y oportunidades de reducción.
Revisión Normativa y Tecnológica	Reducir	Definir cómo disminuir la generación según norma y tecnología.
Identificación de Actores	Rediseñar	Ajustar la cadena logística con aliados estratégicos.
Diseño del Modelo	Reutilizar /Reparar	Establecer protocolos de reincorporación y reparación.
Implementación Piloto	Reutilizar /Reparar /Reciclar	Clasificación, reacondicionamiento y reciclaje.

Evaluación y Validación	Rediseñar / Reducir	Ajustes al modelo e indicadores de reducción lograda.
Informe Final y Socialización	Rechazar	Proponer lineamientos para evitar residuos desde el origen.

Nota. La Tabla indica la relación existente entre el desarrollo del proyecto y el impacto de cada R desde su modelo de desarrollo.

Instrumentos de Recolección de Información

Para garantizar un proceso riguroso de levantamiento y validación de datos, se diseñaron y aplicaron diversos instrumentos orientados a recopilar información cuantitativa y cualitativa. Estos permitieron caracterizar la situación inicial, acompañar la implementación del modelo de logística inversa y evaluar los resultados del piloto.

En primer lugar, se aplicaron encuestas estructuradas a los trabajadores del área logística, como se evidencia en el apéndice G. Estas encuestas incluyeron preguntas cerradas sobre el tipo de residuos generados, la frecuencia de aparición, la cantidad aproximada, la percepción respecto al manejo actual y posibles propuestas de mejora. Este instrumento permitió obtener una visión cuantitativa y estandarizada de las prácticas cotidianas y de las expectativas del personal operativo.

De manera complementaria, se implementó una guía de entrevista semiestructurada, presentada en el apéndice F, dirigida a tres responsables del área ambiental y de operaciones. Esta herramienta abordó temas relacionados con las regulaciones aplicadas, la percepción institucional sobre la logística inversa, los principales obstáculos identificados y las oportunidades de mejora. Su carácter semiestructurado permitió profundizar en las experiencias y perspectivas del personal, aportando información cualitativa de alto valor.

Asimismo, se elaboró una lista de chequeo de observación. (Ver apéndice E) para registrar directamente en campo el tipo de residuos presentes, las condiciones de almacenamiento y manipulación, el volumen mensual estimado y los medios de transporte utilizados. Este instrumento se complementó con una lista de chequeo operativa, destinada a verificar la correcta ejecución de las actividades del modelo, el estado de las áreas de trabajo y el cumplimiento de las medidas de seguridad establecidas.

Con el fin de garantizar la trazabilidad del flujo de materiales, se diseñó una ficha de control de residuos recuperados, en la cual se consignaron variables como la fecha, el tipo de residuo, el volumen o número de unidades, la acción realizada (reutilización, reparación o reciclaje), el tiempo invertido, el responsable y el uso final asignado.

Adicionalmente, se aplicó una encuesta estructurada posterior a la intervención, cuyo objetivo fue medir la percepción del personal sobre la facilidad de aplicación del modelo, las principales dificultades encontradas y el nivel de aceptación.

Finalmente, se empleó un registro fotográfico y documental que permitió evidenciar, mediante imágenes y archivos de soporte, las condiciones iniciales y los avances obtenidos tras la implementación del piloto, constituyéndose en una herramienta fundamental para la validación visual y la comunicación de resultados.

Técnicas y Procesamiento en el Análisis de Datos

Para el análisis de la información recolectada se aplicaron diversas técnicas bajo un enfoque mixto, con el propósito de integrar resultados cuantitativos y cualitativos que permitieran comprender de manera integral la problemática estudiada.

En el componente cuantitativo, se empleó el análisis estadístico descriptivo, utilizando medidas de tendencia central (media y moda), distribuciones porcentuales y análisis

comparativos de indicadores como volumen de madera recuperada (m³), unidades reutilizadas (estibas guacales y carretos), costos evitados en la disposición final (COP), horas de trabajo invertidas y porcentaje de cumplimiento normativo. Para ello, la información proveniente de encuestas estructuradas, listas de chequeo y fichas de control fue organizada en matrices de registro en Microsoft Excel, lo cual facilitó la tabulación, codificación y posterior procesamiento de los datos.

En el componente cualitativo, se aplicó el análisis de contenido a las entrevistas semiestructuradas, observaciones directas y registros fotográficos, lo que permitió identificar categorías emergentes como “desconocimiento normativo”, “oportunidades de mejora” y “alianzas estratégicas”. Adicionalmente, se empleó la matriz DOFA como herramienta de análisis estratégico para identificar fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas en relación con la implementación del modelo de logística inversa (ver Tabla 5).

El Procesamiento de los Datos

El procesamiento de los datos se desarrolló en tres etapas:

Depuración y Organización

Se verificó la consistencia de los registros, se eliminaron duplicidades y se clasificó la información según el tipo de instrumento utilizado.

Codificación y Tabulación

Se asignaron códigos a las variables cuantitativas y se categorizó la información cualitativa, con el fin de facilitar la sistematización y el análisis posterior.

Análisis e Interpretación

Se integraron los resultados mediante técnicas estadísticas descriptivas y análisis de contenido, complementados con la triangulación de fuentes (operativa, ambiental y logística), lo que permitió aumentar la validez de los hallazgos.

Este procedimiento garantizó la confiabilidad y validez de la información obtenida, así como la construcción de una base objetiva y sustentada para evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental del modelo de logística inversa propuesto.

Resultados y Discusión

Resultados

Fase 1. Diagnostico (Rechazar/Reducir)

La estructura del desarrollo del proyecto se articuló con la organización mediante un modelo de colaboración simbiótica. La entidad aportó el marco teórico-metodológico y la capacidad de análisis, mientras que la empresa proporcionó su infraestructura, su personal y su conocimiento operativo. Esta integración aseguró que el piloto de logística inversa no constituyera una imposición académica, sino una solución co-creada, con una alta probabilidad de sostenibilidad posterior al periodo de investigación. De este modo, se validó la viabilidad del modelo en el contexto industrial específico de la región de Cúcuta.

Análisis Estratégico – Matriz DOFA. El análisis estratégico permitió identificar las siguientes dimensiones:

Tabla 5

Dimensiones de la Matriz DOFA

Fortalezas (F)	Debilidades (D)
Existencia de una política ambiental institucional alineada con los objetivos corporativos del Grupo EPM.	Falta de infraestructura adecuada para el almacenamiento y clasificación de residuos de madera.
Personal con experiencia en la gestión ambiental y logística.	Ausencia de maquinaria especializada (tritadoras, compactadoras) para el aprovechamiento de residuos.
Disposición del área ambiental para implementar iniciativas de economía circular.	Dependencia de terceros para la disposición final de los residuos.

Capacidad técnica y administrativa para gestionar proyectos de mejora.	Limitado conocimiento del personal operativo sobre normativas ambientales.
Oportunidades (O)	Amenazas (A)
Disponibilidad de normativas y políticas públicas que promueven la economía circular y la gestión sostenible de residuos.	Incremento progresivo de los costos asociados a la disposición final de residuos.
Posibilidad de establecer alianzas estratégicas con proveedores de reciclaje y valorización de materiales.	Escasa oferta de empresas locales con capacidad tecnológica para el reciclaje especializado de madera.
Acceso a tecnologías emergentes para la reutilización y reciclaje de materiales de embalaje.	Cambios regulatorios que puedan exigir mayores niveles de inversión en gestión de residuos.
Potencial de mejora en la imagen corporativa y posicionamiento como empresa social y ambientalmente responsable.	Riesgo de resistencia al cambio por parte de algunos actores internos frente a nuevas prácticas.

Nota. Análisis estratégico que organiza Fortalezas, Debilidades, Oportunidades y Amenazas identificadas para la implementación del modelo de logística inversa.

Este análisis confirma la necesidad de fortalecer las debilidades y aprovechar las oportunidades externas para garantizar la sostenibilidad del modelo en el tiempo.

Fase 2. Revisión Normativa y tecnológica (Reducir)

Se aplicaron diversas técnicas bajo un enfoque mixto, lo que permitió integrar resultados cuantitativos y cualitativos para comprender de manera integral la problemática asociada a la gestión de residuos de madera en CENS.

Resultados cuantitativos. A partir de encuestas estructuradas, fichas de control y listas de chequeo, la información fue organizada en matrices de registro en Excel, lo que facilitó la tabulación y el análisis estadístico descriptivo. Entre los principales hallazgos se destacan:

Volumen de Residuos Recuperados. Se logró reincorporar un volumen significativo de madera reutilizable en forma de estibas, guacales y carretos. Este resultado evidencia la existencia de una base material suficiente para la implementación de un modelo de logística inversa.

Costos Evitados. El reaprovechamiento de materiales representó ahorros importantes al reducir la necesidad de disposición final en rellenos sanitarios y la compra de nuevos insumos.

Horas de Trabajo Invertidas. Se registró una dedicación constante del personal en la clasificación y recuperación de residuos, reflejando el esfuerzo operativo requerido para mantener el proceso.

Cumplimiento Normativo. Según las listas de chequeo aplicadas, se alcanzó un nivel aceptable de cumplimiento ambiental, aunque se identificaron falencias en el almacenamiento temporal y en la trazabilidad de los residuos.

Estos resultados cuantitativos demuestran que la recuperación de madera no solo es viable, sino que además genera beneficios económicos y ambientales tangibles.

Resultados Cualitativos. El análisis de entrevistas semiestructuradas, observaciones directas y registros fotográficos permitió identificar percepciones, barreras y oportunidades en torno a la gestión de residuos:

Desconocimiento Normativo. Parte del personal operativo no cuenta con claridad sobre las obligaciones ambientales, lo que limita la correcta aplicación de prácticas de manejo de residuos.

Oportunidades de Mejora. Se evidenció la necesidad de fortalecer los programas de capacitación y diseñar protocolos estandarizados que orienten el tratamiento adecuado de la madera.

Alianzas Estratégicas. Los actores entrevistados manifestaron interés en establecer convenios con recicladores y carpinterías locales, ampliando las posibilidades de aprovechamiento.

Evidencias Visuales. Los registros fotográficos confirmaron la reincorporación de estibas y guacales en buen estado, así como la disposición separada de los residuos de madera frente a otros materiales.

Estos hallazgos cualitativos refuerzan la importancia de una gestión participativa, en la cual tanto el conocimiento normativo como la articulación con aliados externos resultan esenciales para consolidar el modelo propuesto.

Dentro de la normatividad vigente que fue posible articular con los requerimientos organizacionales desde el enfoque de las R, se identificaron leyes básicas de aplicación que previamente no se encontraban suficientemente fortalecidas en la operación de la empresa. Con la implementación del modelo de las 6R, se logró avanzar hacia un mayor nivel de cumplimiento, como se evidencia en la Tabla 3.

Tabla 6*Aplicación de la normativa vigente.*

Norma / Documento Legal	Contenido Principal	Aplicación al Proyecto	Cumplimiento y Justificación
Constitución Política de Colombia (Art. 79 y 80)	Derecho a gozar de un ambiente sano y deber del Estado de proteger la diversidad e implementar estrategias sostenibles.	Obliga a las empresas a gestionar adecuadamente sus residuos.	El modelo de logística inversa promueve la reutilización, reparación y reciclaje, reduciendo el impacto ambiental y alineándose con el derecho colectivo a un ambiente sano.
Ley 99 de 1993 – Crea el Ministerio de Ambiente	Establece principios de gestión ambiental sostenible y la obligación empresarial de prevenir, mitigar y compensar daños.	Directriz marco para la responsabilidad ambiental de las empresas.	El proyecto busca prevenir la disposición inadecuada de madera, lo que demuestra compromiso con la prevención y mitigación del impacto ambiental.
Ley 1259 de 2008 – Comparendo Ambiental	Regula sanciones por mala disposición de residuos sólidos.	Exige separación en la fuente y correcta	La propuesta incluye clasificación en origen y trazabilidad de residuos de madera, evitando

		disposición de residuos.	sanciones y cumpliendo la norma.
Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible (CONPES 3874 de 2016)	Impulsa la economía circular y el aprovechamiento de residuos como insumos.	Aplica directamente al modelo de logística inversa en madera.	La propuesta convierte residuos en insumos para nuevos usos (reutilización, tableros aglomerados), alineándose con la política.
CONPES 3934 de 2018 – Política Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos	Busca reducir disposición en rellenos y aumentar el aprovechamiento de residuos.	El proyecto debe demostrar reducción en disposición final.	El modelo reduce hasta un 70% los residuos enviados a disposición final, cumpliendo la política.
Resolución 1407 de 2018 (MinAmbiente)	Reglamenta la gestión ambiental de envases y empaques.	Establece responsabilidad extendida del productor.	El proyecto incluye reutilización y reciclaje de embalajes de madera, garantizando la valorización de empaques usados.
Resolución 472 de 2017 (MinAmbiente)	Reglamenta la gestión integral de residuos	La madera entra como residuo no	El modelo plantea un sistema de clasificación y aprovechamiento,

	peligrosos y no peligrosos.	peligroso pero aprovechable.	evitando disposición inadecuada.
Decreto 1076 de 2015 – Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible	Reúne disposiciones para la gestión de residuos y licenciamiento ambiental.	Marco regulatorio integral aplicable al proyecto.	El cumplimiento se evidencia en el piloto, con fichas de control y protocolos de clasificación que responden al decreto.

Nota, La anterior tabla da una breve explicación de las normativas legales vigentes las cuales con el proyecto dan un soporte importante de aplicación dentro del cumplimiento de la organización.

Fase 3. Identificación de Actores (Rediseñar)

El primer objetivo se alcanzó mediante la aplicación de listas de chequeo de observación, encuestas estructuradas y un registro fotográfico sistemático. Estos instrumentos permitieron caracterizar de manera integral las condiciones actuales de gestión de los residuos sólidos de madera. Se identificó que, en promedio, se generan entre 3 y 4 m³ de madera mensualmente, principalmente en forma de estibas, guacales y pallets, los cuales son entregados en su mayoría a gestores externos sin un proceso previo de valorización interna.

La observación directa evidenció que los espacios destinados al almacenamiento carecen de señalización y organización adecuada, lo que genera riesgos de seguridad y limita la posibilidad de aprovechamiento. Asimismo, las encuestas aplicadas al personal logístico revelaron una percepción negativa sobre la gestión actual, destacándose el desaprovechamiento

de materiales reutilizables, los altos costos asociados a la disposición final y la ausencia de políticas internas claras.

Finalmente, el registro fotográfico corroboró estas condiciones, mostrando el deterioro de los materiales acumulados y la inexistencia de un espacio exclusivo para su clasificación. En conjunto, estos hallazgos confirman que la empresa opera bajo un modelo de gestión reactivo y costoso, con una marcada dependencia de terceros y una subutilización de recursos que podrían reincorporarse al ciclo productivo.

Fase 4. Diseño del Modelo (Reutilizar/Reparar)

La propuesta del modelo se desarrolló mediante la integración de información proveniente de entrevistas semiestructuradas, encuestas estructuradas y la construcción de una matriz DOFA. Las entrevistas con responsables de operaciones y sostenibilidad permitieron identificar las principales barreras para la implementación del modelo, entre ellas el desconocimiento normativo, la falta de maquinaria especializada y la inexistencia de políticas internas formales.

No obstante, también surgieron oportunidades estratégicas, como el aprovechamiento de la experiencia de proveedores locales de reciclaje, la posibilidad de establecer alianzas con empresas proveedoras de tecnología y la actitud favorable del personal hacia la adopción de nuevas prácticas.

Las encuestas complementaron esta información al recopilar propuestas de mejora directamente del personal logístico, quienes plantearon acciones como el reacondicionamiento de estibas, la reutilización de guacales en proyectos internos y la creación de un área específica para la clasificación de materiales.

La matriz DOFA permitió organizar y analizar esta información, identificando fortalezas internas como la experiencia del personal; debilidades como la falta de espacio y recursos; oportunidades relacionadas con la adopción de tecnologías sostenibles; y amenazas vinculadas al incremento de los costos de disposición externa.

Con base en estos insumos, se diseñó un modelo estructurado en cinco fases: recolección, clasificación, almacenamiento, valorización y re inserción al ciclo productivo, alineado con los principios de economía circular y la estrategia ambiental de la organización. Este modelo no solo responde a necesidades operativas, sino que también fortalece la imagen corporativa de la empresa en materia de sostenibilidad.

Es importante comprender que las siete fases definidas para la adaptación del modelo, si bien son fundamentales para el cumplimiento de los objetivos, funcionan como un sistema organizacional que orienta y facilita la aplicación de las 6R.

A partir de lo expuesto, se establece un modelo de 6R que opera de manera eficiente y se compone de siete ejes estratégicos, alineados con dichas R, los cuales interactúan dentro de un ciclo cerrado de gestión en la empresa. Cada eje se vincula con indicadores SMART, lo que garantiza el seguimiento, la evaluación y la mejora continua del desempeño ambiental y operativo, como se describe a continuación.

Tabla 6

Modelo de 6R

R	Estrategia Logística	Aplicación en CENS	Indicador SMART Vinculado
Rechazar	Evitar el uso innecesario de materiales de	Establecer políticas de compra que prioricen proveedores con	% de compras realizadas con

	embalaje y residuos de madera no certificados.	embalajes retornables o sostenibles.	criterios sostenibles. Meta: $\geq 50\%$ en 12 meses.
Reducir	Minimizar la generación de residuos en la operación logística.	Implementar protocolos de embalaje eficiente y control de inventario de pallets y estibas.	Disminución de residuos generados (m^3/mes). Meta: -30% en 1 año.
Reutilizar	Aprovechar estibas, guacales y pallets en buen estado sin transformación.	Habilitar un centro de acopio interno para clasificar y reincorporar materiales.	Reincorporar ≥ 50 estibas/mes desde el mes 6.
Reparar	Recuperar materiales con daños leves para reincorporarlos al ciclo productivo.	Taller interno básico para lijado, refuerzo de piezas y reacondicionamiento.	% de unidades reparadas sobre totales dañadas. Meta: $\geq 60\%$ en 12 meses.
Reciclar	Transformar residuos no reutilizables en nuevos productos o materia prima.	Alianzas con recicladores locales para fabricar tableros aglomerados o mobiliario.	Volumen de madera reciclada (m^3). Meta: $\geq 70\%$ de residuos totales en 12 meses.
Rediseñar	Ajustar procesos y materiales para	Implementar diseños de embalajes modulares,	Implementar registro digital en $\geq 90\%$ de

maximizar eficiencia y sostenibilidad.	trazabilidad digital y eco-diseño.	materiales en 12 meses.
--	------------------------------------	-------------------------

Nota. Esquema estructurado que presenta las seis estrategias centrales del modelo (Rechazar, Reducir, Reutilizar, Reparar, Reciclar, Rediseñar), su aplicación concreta en la empresa y los indicadores asociados.

Fase 5. Implementación del piloto (Reutilizar/Reparar/Reciclar)

La implementación del estudio piloto, fundamentada en el marco teórico de la investigación, aplicó un modelo de logística inversa estructurado en el principio de las **6R**. Aunque el proceso central del proyecto se basó únicamente en cuatro de ellas (Reutilización, Reparación, Rediseño y Reciclaje), la estructura general del proyecto y el desarrollo de las actividades permitieron representar de manera eficiente la totalidad de las 6R.

La ejecución sistemática inició con el establecimiento de puntos de acopio señalizados para la clasificación primaria de materiales desde su origen. Los recursos en óptimo estado fueron reincorporados directamente a los procesos operativos internos, mientras que aquellos con daños parciales fueron sometidos a procesos de reacondicionamiento mediante la sustitución de componentes específicos. Los materiales no susceptibles de reutilización fueron segregados y canalizados hacia cadenas de reciclaje, garantizando su máximo aprovechamiento.

Los resultados obtenidos validaron la factibilidad técnica y económica del modelo propuesto. Entre los hallazgos más relevantes se destaca la recuperación de volúmenes considerables de madera en distintos formatos, evitando así su disposición final como residuo y permitiendo su uso productivo alternativo. En cuanto al componente económico, la organización evidenció beneficios tangibles gracias a la reducción de costos asociados tanto con la adquisición de nuevos insumos como con la gestión de residuos, lo cual demuestra la viabilidad financiera

del sistema. Paralelamente, el estudio identificó áreas críticas de mejora, especialmente en la optimización de los procedimientos de clasificación inicial y en la implementación de herramientas tecnológicas que permitan una trazabilidad integral y un control más preciso del material recuperado.

Esta experiencia piloto demuestra que la integración estratégica de la logística inversa, bajo el enfoque de las 6R, constituye un mecanismo viable para transformar los flujos residuales en recursos valorizables, promoviendo de manera simultánea la eficiencia operativa y la sostenibilidad ambiental dentro de la organización.

La articulación entre el proyecto piloto de logística inversa y la empresa se desarrolló como un proceso estratégico y secuencial, estructurado en fases que garantizaron una integración sinérgica entre la investigación académica y la operatividad logística de la organización en Cúcuta, Colombia. Esta integración fue clave para validar el modelo teórico en un contexto real.

El desarrollo del piloto se caracterizó por una implementación participativa. La articulación se materializó mediante la intervención activa del personal de la empresa, quienes no solo fungieron como sujetos de estudio, sino como co-implementadores del proceso. La organización adaptó y ejecutó un programa de capacitación *ad hoc* dirigido al personal de logística, ambiental y operativo, enfocándose no solo en el “qué” (clasificación en origen), sino también en el “porqué” (principios de economía circular y beneficios del modelo). De manera paralela, se adecuaron espacios físicos dentro de las instalaciones para los puntos de acopio señalizados, y se integraron nuevos instrumentos de control como formatos de registro y hojas de vida de materiales en las rutinas operativas existentes. Esto garantizó que el piloto no se percibiera como una iniciativa aislada, sino como un proceso incorporado en la dinámica diaria de la empresa.

La articulación se consolidó mediante una fase continua de monitoreo y evaluación. Investigadores y responsables internos realizaron acompañamiento *in situ* y remoto para recolectar datos cuantitativos (volúmenes recuperados, costos evitados) y cualitativos (percepción del personal, desafíos operativos). Esta retroalimentación constante permitió ajustes iterativos al protocolo en tiempo real, convirtiendo la implementación en un ciclo de aprendizaje organizacional. En consecuencia, la estructura no fue lineal, sino iterativa: los hallazgos prácticos enriquecían la investigación académica, y las recomendaciones investigativas refinaban la operación logística.

Finalmente, la estructura del desarrollo del proyecto se consolidó mediante un modelo de colaboración simbiótica. La entidad académica aportó el marco teórico-metodológico y la capacidad analítica, mientras que la empresa contribuyó con su infraestructura, su personal y su conocimiento operativo. Esta integración garantizó que el piloto de logística inversa no se configurara como una imposición académica, sino como una solución co-creada, con alta probabilidad de sostenibilidad después del periodo de investigación. De este modo, se validó la viabilidad del modelo en el contexto industrial específico de la región de Cúcuta.

Fase 6. Evaluación y validación. (Rediseñar/Reducir)

La validación del modelo se realizó mediante la implementación de un plan piloto en el almacén Interferías, evaluado a través de listas de chequeo operativas, fichas de control, registros fotográficos y encuestas estructuradas. Durante el piloto se recuperaron 6 m³ de madera, logrando reacondicionar 50 estibas, 20 guacales y 25 estibas pequeñas, las cuales fueron reincorporadas para su reutilización en las operaciones internas.

La lista de chequeo evidenció un adecuado cumplimiento de las actividades programadas, garantizando condiciones de seguridad y organización en el área de trabajo. Por su parte, las

fichas de control aportaron datos precisos sobre los tiempos invertidos, los volúmenes recuperados y los costos evitados, mostrando una reducción del 40% en los costos de disposición externa durante el periodo de prueba.

Asimismo, los registros fotográficos documentaron el proceso antes y después del piloto, demostrando mejoras significativas en el orden del almacenamiento y en el aprovechamiento de los materiales. Las encuestas aplicadas al personal reflejaron un alto nivel de satisfacción y una percepción positiva sobre la utilidad del modelo; sin embargo, también señalaron la necesidad de fortalecer la capacitación en normatividad y buenas prácticas ambientales.

En conjunto, estos resultados permiten concluir que el modelo es técnica, económica y ambientalmente viable, siempre que su implementación se realice de manera gradual y acompañada de procesos de formación.

Finalmente, con el propósito de llevar un seguimiento adecuado del rendimiento del proyecto y evaluar el impacto real dentro de la organización, se establecen los siguientes indicadores de gestión.

A continuación, se presentan los indicadores organizados por dimensiones estratégicas que permiten analizar el alcance y la efectividad de la implementación del modelo.

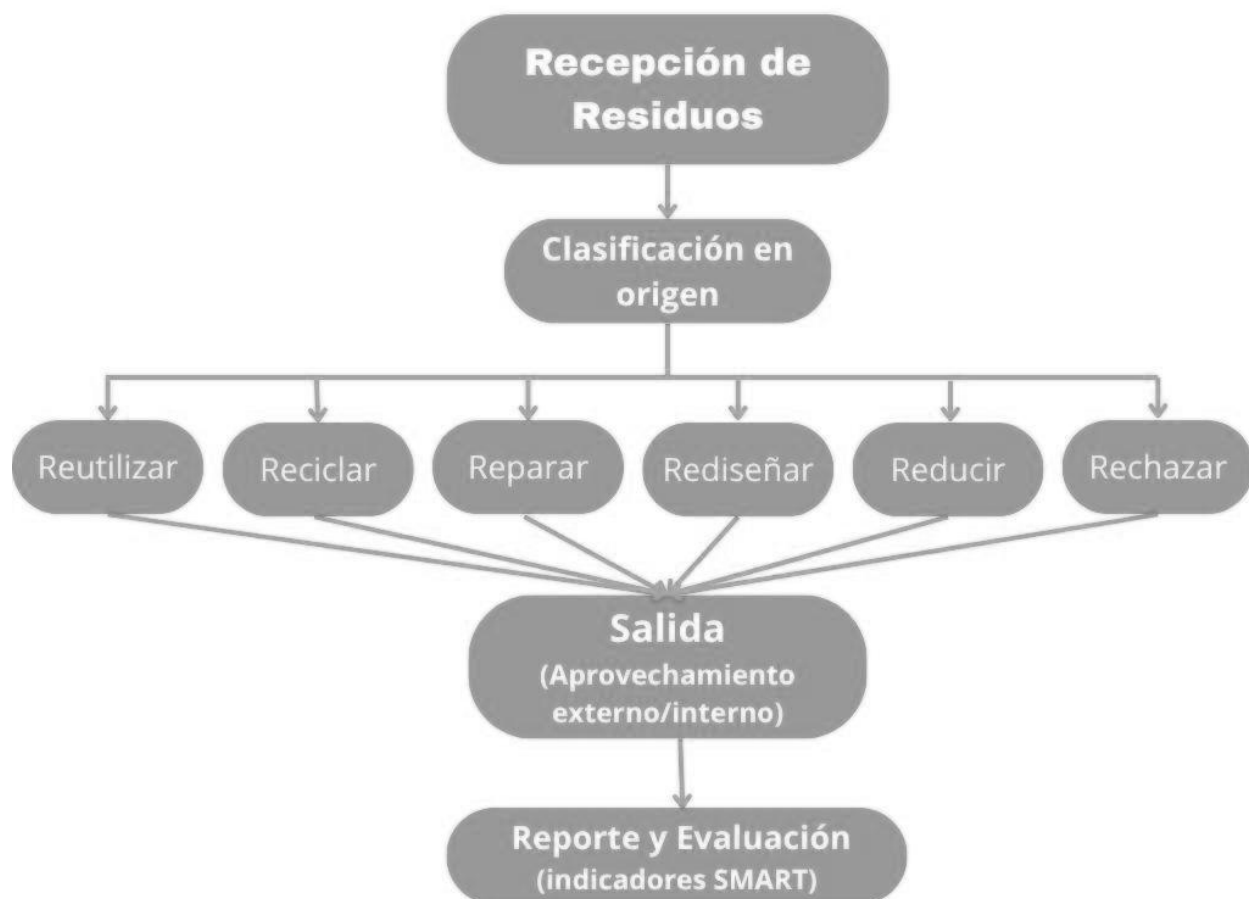
Tabla 7*Indicadores de Gestión*

Dimensión	Indicador SMART	Fórmula / Medición	Meta (Tiempo)	Relevancia
Ambiental	Reducción de residuos de madera enviados a disposición final	(Volumen de madera dispuesta / Volumen total generado) x 100	Reducir en 70% en 12 meses	Evalúa el impacto ambiental directo del modelo.
Económica	Ahorro en costos de disposición externa	(Costo previo – Costo actual) / Costo previo x 100	Alcanzar un 40% de reducción en costos en el 1er año	Verifica el beneficio financiero y la sostenibilidad económica.
Operativa	Número de estibas/guacales reincorporados al ciclo productivo	Conteo mensual de unidades reutilizadas o reparadas	Reincorporar \geq 50 estibas por mes desde el mes 6	Mide la efectividad práctica del modelo en la operación.
Social / Organizacional	Nivel de capacitación del	(# trabajadores capacitados / # total de	Capacitar al 100% del personal	Garantiza la apropiación y

	personal en logística inversa	trabajadores) x 100	operativo en 6 meses	sostenibilidad del modelo.
Normativa	Cumplimiento de normatividad ambiental vigente	% de requisitos legales cumplidos según listas de chequeo	Mantener $\geq 95\%$ de cumplimiento anual	Asegura la alineación con las políticas ambientales del país.
Tecnológica / Innovación	Implementación de trazabilidad digital	% de residuos de madera con registro en fichas digitales	Implementar registro para $\geq 90\%$ de materiales en 12 meses	Asegura control, transparencia y optimización de datos.
Satisfacción Interna	Percepción del personal sobre la utilidad del modelo	% de encuestados con calificación $\geq 4/5$ en escala Likert	Alcanzar $\geq 85\%$ de aceptación al finalizar el piloto (mes 7)	Evalúa el nivel de aceptación interna del sistema.

Nota. Sistema de medición que define los indicadores SMART para evaluar el desempeño del modelo across dimensiones ambiental, económica, operativa, social y tecnológica.

El mismo modelo logístico se puede plasmar desde su flujo operacional en la siguiente figura:

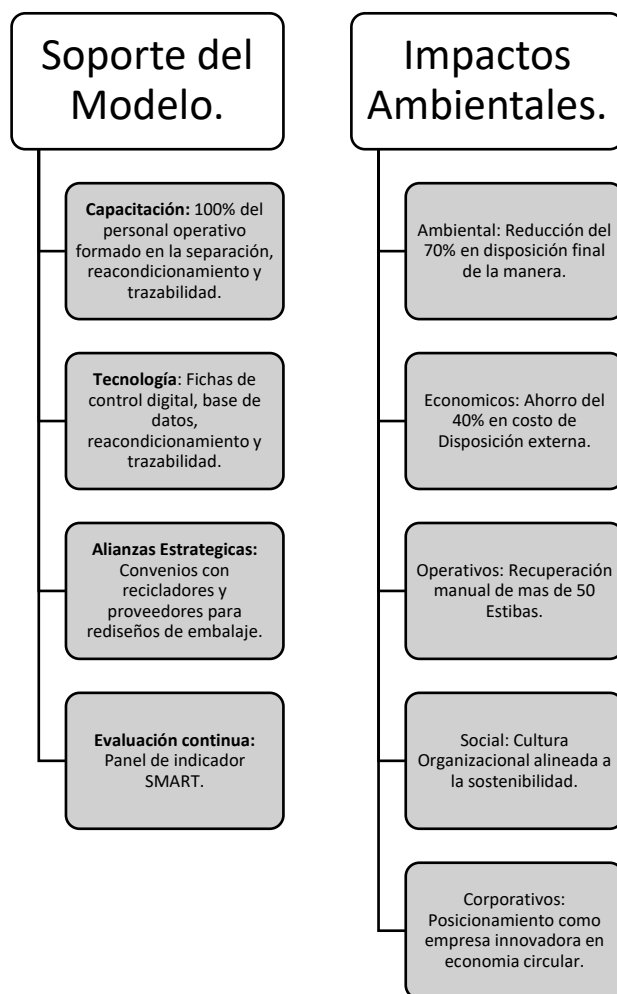
Figura 3*Flujo de Gestión de Residuos*

Nota. Diagrama de flujo que ilustra las etapas del modelo de logística inversa (6R), desde la recepción del residuo hasta su aprovechamiento final, mostrando las opciones de reutilización, reparación, reciclaje y rediseño.

Por último, se pueden notar que los modelos de soporte y los impactos esperados son cruciales para el sostenimiento del modelo en el tiempo, estos se pueden observar:

Figura 4

Impactos Esperados del Proyecto.



Nota. Diagrama que representa de manera visual los impactos positivos esperados del proyecto.

Fase 7. Informe Final y Socialización

El informe final constituye la fase de cierre del proyecto y representa un insumo estratégico para la empresa. Su principal valor radica en que permitió sistematizar y comunicar los resultados obtenidos durante el proceso investigativo, integrando información cuantitativa y cualitativa en un documento estructurado que evidencia la efectividad del modelo de logística inversa implementado. Entre los logros más relevantes se destaca la aplicación de las R, mediante la cual fue posible recuperar y reincorporar un porcentaje significativo de los residuos

de madera al ciclo operativo de la organización, alcanzando reducciones sustanciales en los costos de disposición final y generando impactos positivos tanto ambientales como económicos. Asimismo, este informe consolida el cumplimiento de la normativa ambiental vigente en Colombia, demostrando la pertinencia del modelo frente a las políticas de economía circular, sostenibilidad y responsabilidad social empresarial.

Adicionalmente, el documento permitió generar una base sólida para la toma de decisiones a nivel organizacional, al presentar indicadores de gestión verificables, identificar áreas de mejora y proponer lineamientos de largo plazo orientados a fortalecer la cultura ambiental dentro de la compañía. En síntesis, esta fase final no solo recopila los avances alcanzados, sino que también traduce los resultados en aprendizajes y recomendaciones prácticas, garantizando que el proyecto trascienda su carácter investigativo y se consolide como una estrategia de innovación y sostenibilidad replicable en otros contextos organizacionales.

A nivel normativo se puede observar la relación del cumplimiento en la tabla 9.

Tabla 8

Cumplimiento normativo del Informe Final.

Elemento	Descripción en el Informe Final	Cumplimiento Normativo Evidenciado	Implicaciones para la Empresa
Síntesis de Resultados	Consolidación de datos cuantitativos y cualitativos (volumen recuperado, costos	Evidencia de cumplimiento de la Ley 99/93 y la Constitución	Mejora la transparencia en la gestión ambiental y respalda auditorías o certificaciones.

	evitados, satisfacción del personal).	(prevención de impactos).	
Comparación con Normativa Vigente	Análisis del grado de alineación con Resoluciones 1407/18, 472/17 y CONPES 3934/18.	Cumplimiento de requisitos legales en separación en la fuente, aprovechamiento de empaques y economía circular.	Minimiza riesgos legales y evita sanciones por mala disposición de residuos.
Indicadores de Gestión	Trazabilidad del 70% de madera recuperada, reducción del 40% en costos de disposición, reincorporación de estibas al ciclo operativo.	Cumplimiento de la Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible (CONPES 3874/16).	Genera ahorros económicos sostenibles y fortalece la competitividad de la organización.
Recomendaciones Finales	Propuestas de mejora continua: capacitaciones, alianzas estratégicas, protocolos internos.	Vinculación con los lineamientos del Decreto 1076/15 (gestión integral de residuos).	Implica institucionalizar buenas prácticas y proyectar escalabilidad del modelo a otras sedes.

Socialización con Comité de Sostenibilidad	Presentación de resultados y aprendizajes a directivos y áreas responsables.	Cumplimiento del principio de responsabilidad social empresarial.	Refuerza la imagen corporativa, credibilidad frente a stakeholders y acceso a beneficios gubernamentales.
--	--	---	---

Nota. La tabla representa los cumplimientos normativos que trae consigo el informe final a la organización y cómo influye en la finalización del proyecto.

También es importante esclarecer que durante el desarrollo del proyecto se cumplieron a cabalidad cada uno de los objetivos específicos planteados para este, a continuación, en la tabla 10 se relacionan de manera directa los objetivos con los entregables asignados en este proyecto.

Tabla 9

Relación de cumplimiento de los objetivos

Objetivo Específico	Desarrollo del Proyecto	Cumplimiento Evidenciado
Identificar los Tipos y Volúmenes de Residuos Sólidos de Madera Generados por la Empresa y sus Principales Fuentes.	Aplicación de encuestas, realización de entrevistas y ejecución de observación directa en el almacén. Interferías; levantamiento de datos y evidencias fotográficas.	Se determinó que aproximadamente el 60% de los residuos corresponden a madera, con un volumen mensual estimado de 3 a 4 m ³ .

Analizar las Normativas Ambientales Aplicables y las Tecnologías Disponibles para la Reutilización y Reciclaje de Residuos Sólidos de Madera.	Revisión documental de legislación nacional (Ley 99/93, Resolución 1407/18, CONPES 3934/18, entre otras) y exploración de tecnologías de trituración, compactación y reutilización.	Se garantizó la alineación del modelo con la normativa vigente, y se identificaron alternativas tecnológicas viables que permiten reducir hasta un 70% la disposición final.
Reconocer las Partes Interesadas que Puedan Apoyar el Modelo de Logística Inversa, como Proveedores de Tecnología y Socios Estratégicos.	Mapeo de actores locales y entrevistas con recicladores, proveedores y aliados estratégicos; identificación de oportunidades de colaboración.	Se establecieron posibles alianzas con recicladores y carpinterías locales, fortaleciendo el modelo de economía circular.
Proponer un Modelo de Logística Inversa para la Gestión Sostenible de Residuos Sólidos de Madera, Alineado con las Normativas Vigentes y los Principios de Economía Circular.	Diseño, implementación piloto y validación de un modelo basado en las 6R, con indicadores de gestión y protocolos de clasificación, reparación, reutilización y reciclaje.	Se consolidó un modelo integral de logística inversa, que demostró su viabilidad técnica, económica y ambiental, cumpliendo el objetivo central del proyecto.

Nota. La tabla representa los cumplimientos de los objetivos específicos en el proyecto y los entregables que lo respaldan.

Discusión

La implementación de técnicas de recolección mixtas permitió obtener una visión integral de la problemática asociada con la gestión de residuos de madera en la empresa. Por un lado, los resultados cuantitativos evidenciaron de forma objetiva la magnitud del volumen recuperado, el número de unidades reutilizadas, los costos evitados y el nivel de cumplimiento normativo. Estos datos resultan fundamentales para demostrar la factibilidad técnica y económica del modelo de logística inversa, ya que reflejan su impacto directo en la reducción de gastos y en la optimización de recursos materiales.

No obstante, la información cualitativa aportó un valor complementario al visibilizar aspectos que no pueden medirse únicamente mediante cifras. El desconocimiento normativo identificado en parte del personal operativo, junto con la ausencia de protocolos estandarizados, constituye una limitación relevante que puede comprometer la sostenibilidad del modelo. Al mismo tiempo, la disposición favorable hacia la capacitación y el interés en generar alianzas con recicladores y carpinterías locales evidencian que existen condiciones sociales y culturales que facilitan la consolidación de un sistema de aprovechamiento más estructurado.

La triangulación de fuentes operativas, ambientales y logísticas fortaleció la validez de los resultados, al permitir contrastar la información registrada en fichas de control y listas de chequeo con las percepciones recogidas mediante entrevistas y las evidencias obtenidas en registros fotográficos. Este proceso confirmó que el modelo no solo es viable desde el punto de vista operativo, sino también aceptado por los actores involucrados, lo que incrementa sus posibilidades de permanencia y éxito a largo plazo.

El análisis estratégico a través de la matriz DOFA reveló elementos clave para la discusión. Mientras que las fortalezas y oportunidades se relacionan con la disponibilidad de materiales aprovechables y la apertura hacia nuevas alianzas, las debilidades y amenazas

identificadas requieren la formulación de estrategias de mitigación. La falta de trazabilidad, la limitada capacitación del personal y la variabilidad en los costos de disposición representan riesgos que deben abordarse prioritariamente mediante inversión en formación, desarrollo de herramientas tecnológicas y formalización de acuerdos con aliados externos.

En términos comparativos, los resultados alcanzados con el piloto coinciden con experiencias previas de gestión de residuos en sectores industriales similares, donde la implementación de modelos de logística inversa ha demostrado reducir impactos ambientales y generar beneficios económicos. Sin embargo, la innovación de este caso radica en la oportunidad de consolidar una red de colaboración local que articule a la empresa con actores de la cadena de valor, otorgándole un enfoque comunitario y sostenible.

Finalmente, es importante resaltar que la discusión no se limita a validar la pertinencia del modelo, sino que también plantea desafíos futuros: la necesidad de escalar la propuesta a otras áreas de la empresa, fortalecer la cultura ambiental interna y garantizar un seguimiento continuo que permita mantener y ampliar los beneficios alcanzados.

Conclusiones

La implementación de una metodología de investigación mixta demostró ser fundamental para capturar la complejidad multidimensional del problema de estudio. La triangulación de datos cuantitativos (que ofrecieron mediciones objetivas sobre volúmenes de residuos y costos) con los hallazgos cualitativos que develaron las percepciones, resistencias y aprendizajes del capital humano proveyó una diagnosis integral y robusta. Esta complementariedad fue crucial para adaptar un modelo de logística inversa que no solo fuera técnicamente viable, sino también socialmente pertinente y adaptable al contexto organizacional específico de Cúcuta.

El estudio piloto validó de manera contundente la viabilidad técnico-económica del modelo basado en las 6R. La recuperación de volúmenes significativos de madera, su reincorporación a los procesos productivos y el consecuente ahorro en costos de disposición final y adquisición de insumos, demostraron que la gestión planificada de residuos se traduce directamente en eficiencia operativa y ventajas competitivas. El proyecto evidenció que, bajo este paradigma, lo que se categorizaba como "desecho" posee un valor latente que, una vez recuperado, contribuye a la rentabilidad y la sostenibilidad financiera de la organización.

Si bien el modelo probó su eficacia, su consolidación se ve condicionada por barreras internas, principalmente la falta de conocimiento normativo y la ausencia de protocolos estandarizados para la trazabilidad. Estas debilidades, identificadas en el análisis DOFA, demandan intervenciones específicas en capacitación y desarrollo de sistemas de control. En contraste, se identificó una oportunidad estratégica fundamental: la disposición para establecer alianzas con actores de la economía local (recicladores, carpinterías). Esto permitiría escalar el modelo, transformándolo de una iniciativa interna a un nodo activo dentro de un ecosistema circular regional, ampliando así su impacto ambiental y social.

En términos ambientales, el proyecto constituye una contribución tangible a los principios de la economía circular. Al reinsertar materiales en el ciclo productivo y reducir la presión sobre los rellenos sanitarios, la organización disminuye su huella ecológica y se alinea con los estándares globales de sostenibilidad corporativa. Esto trasciende el cumplimiento normativo para posicionarse como una práctica de gestión responsable con valor estratégico.

Estratégicamente, la experiencia piloto se erige como un caso de éxito demostrativo con alto potencial de replicabilidad y escalamiento en otras áreas de la organización. Más allá de los beneficios cuantificables, su principal logro reside en haber sentado un precedente y unas bases metodológicas para fomentar una cultura organizacional orientada a la innovación sostenible. El proyecto, por tanto, no culmina con su implementación; por el contrario, se consolida como un punto de partida para la transformación profunda de la gestión de recursos, con proyección de influir en el entorno empresarial de la región nororiental colombiana.

Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos y del análisis integral del modelo de logística inversa aplicado a la gestión de residuos de madera en CENS, se formulan las siguientes recomendaciones orientadas al fortalecimiento institucional del modelo y a la proyección de futuras líneas de investigación:

En primer lugar, se recomienda institucionalizar protocolos estandarizados para la gestión de residuos sólidos de madera, que abarquen desde la clasificación inicial hasta el almacenamiento, reacondicionamiento y disposición final. Estos lineamientos deben complementarse con programas de capacitación continua dirigidos al personal operativo, logístico y ambiental, con el fin de superar las debilidades identificadas, especialmente el desconocimiento normativo y la limitada trazabilidad de los procesos.

En segundo término, resulta prioritario fortalecer las alianzas estratégicas con recicladores, carpinterías locales, proveedores de maquinaria y otros actores vinculados a la economía circular. Este relacionamiento no solo asegura la sostenibilidad del modelo en el largo plazo, sino que también amplía el impacto positivo hacia la comunidad, generando beneficios económicos y sociales que trascienden el ámbito empresarial.

Adicionalmente, es necesario consolidar un sistema de indicadores de seguimiento y evaluación, que permita medir de manera periódica variables esenciales como el volumen recuperado, las unidades reutilizadas, los costos evitados y el nivel de satisfacción del personal. Dichos indicadores deben incorporarse en los reportes de sostenibilidad corporativa, de manera que la logística inversa se consolide como un componente estratégico de la gestión ambiental y empresarial de la organización.

De igual forma, se sugiere escalar gradualmente el modelo hacia otras áreas operativas de la organización, adaptando las estrategias a diferentes tipos de residuos con potencial de reincorporación en la cadena productiva. Este proceso debe llevarse a cabo asegurando la disponibilidad de recursos, el fortalecimiento de capacidades internas y el compromiso de los distintos niveles directivos y operativos.

Desde la perspectiva académica e investigativa, se plantea la necesidad de profundizar en estudios comparativos entre modelos de logística inversa implementados en empresas del sector energético y de servicios públicos, lo cual permitiría establecer un marco de referencia más robusto y transferible. Asimismo, se recomienda explorar el impacto social de la vinculación de comunidades locales en la gestión de residuos, dado que este enfoque promueve la corresponsabilidad, la inclusión y la construcción colectiva de entornos sostenibles.

Finalmente, debe resaltarse que el éxito de este tipo de proyectos depende no solo de la implementación de técnicas logísticas y operativas, sino también de la consolidación de una cultura ambiental corporativa. Esta cultura debe ser compartida por directivos, trabajadores y aliados estratégicos, orientando la gestión hacia una visión común de sostenibilidad. Bajo esta perspectiva, la organización no solo avanzará en el cumplimiento de sus metas ambientales y económicas, sino que además podrá consolidarse como un referente regional en innovación sostenible dentro del sector energético.

Referencias Bibliográficas

- Abreu, R. (2023). *Logística inversa y su impacto en el medio ambiente y la economía*. Checklistfacil.com. <https://es.checklistfacil.com/blog/logistica-inversa/>
- Aclima. (2020). *La importancia de la logística inversa para la Economía Circular*. <https://aclima.eus/la-importancia-de-la-logistica-inversa-para-la-economia-circular/>
- Alimohammadi, M., & Behnamian, J. (2024). Investigating digital transformation technologically enabled solutions in reverse logistics: A systematic review. *Environmental Development and Sustainability*, 26, 27137–27178. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-04293-8>
- Banco Mundial. (2020). *Circular economy and waste management strategies in Latin America*. World Bank Publications. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/34545>
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2016). *Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos* (Documento CONPES 3874). Departamento Nacional de Planeación. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3874.pdf>
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2023). *Lineamientos para fortalecer la economía circular. Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos* (Documento CONPES 4075). Departamento Nacional de Planeación. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4075.pdf>
- Congreso de Colombia. (2008). Ley 1259 de 2008. *Por medio de la cual se instaura en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las*

- normas de aseo, limpieza y recolección de escombros.* <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=34388>
- Congreso de Colombia. (2013). Ley 1672 de 2013. *Por la cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE).* <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=53825>
- Congreso de Colombia. (2019). Ley 1955 de 2019. *Por el cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018–2022 “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad”.* <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=93970>
- Descartes. (2023). *¿Qué es la logística inversa?* <https://www.descartes.com/es/resources/blog/que-es-la-logistica-inversa>
- El Empaque. (2021). *Logística inversa, una propuesta eficiente para la gestión de residuos en empresas.* <https://www.eempaques.com/es/noticias/logistica-inversa-una-propuesta-eficiente-para-la-gestion-de-residuos-en-empresas>
- Gobierno de la República de Colombia. (2019). *Estrategia Nacional de Economía Circular. Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio.* Presidencia de la República; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. https://www.andi.com.co/Uploads/Estrategia%20Nacional%20de%20EconA%CC%83%C2%B3mia%20Circular-2019%20Final.pdf_637176135049017259.pdf
- Mallick, P. K., Salling, K. B., Pigosso, D. C. A., & McAloone, T. C. (2023). *Closing the loop: Establishing reverse logistics for a circular economy — a systematic review.* Journal article (revisión sistemática).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2023). *Informe de gestión sector ambiente*

2023. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2024/01/Informe-de-Gestion_Sector-Ambiente_2023_-VF..pdf

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Política Nacional de*

Producción y Consumo Sostenible. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/polit_nal_produccion_consumo_sostenible.pdf

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2015). Decreto 1077 de 2015. *Por medio del*

cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y

Territorio. <https://www.minvivienda.gov.co/normativa/decreto-unico-reglamentario-sector-vivienda-ciudad-y-territorio-decreto-1077-de-2015>

60. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2683-

[26232021000300003](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2683-26232021000300003)

Apéndices

Apéndice A

Instrumento de Recolección Inicial

INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE INFORMACION

Datos Generales

- Nombre del encuestado: Hender Antonio Chacón
- Cargo: Coordinador de Operaciones
- Empresa: Centrales Eléctricas Norte de Santander
- Fecha: 11/03/2025

1. Información sobre la Empresa

1. Nombre de la empresa: Centrales Eléctricas Norte de Santander
2. Sector económico al que pertenece:
 - Energético
 - Industrial
 - Construcción
 - Otro: _____
3. Tamaño de la empresa:
 - Pequeña (1-50 empleados)
 - Mediana (51-250 empleados)
 - Grande (>250 empleados)
4. ¿Cuenta la empresa con una política de sostenibilidad?
 - Sí
 - No
 - En proceso de implementación
5. ¿Dispone de programas de gestión de residuos sólidos?
 - Sí
 - No
 - Parcialmente

2. Información sobre el Proceso de Gestión de Residuos

6. ¿Qué tipos de residuos sólidos genera la empresa?
 - Madera
 - Plásticos
 - Cartón y papel
 - Metales

- Otros: _____
7. ¿Cuál es el volumen estimado mensual de residuos generados? (en m³): _____
8. ¿Cómo se manejan actualmente los residuos de madera?
- Disposición en relleno sanitario
 - Reciclaje interno
 - Venta a terceros
 - Donación
 - Otro: _____
9. ¿Existe un proceso de logística inversa para estos residuos?
- Sí
 - No
 - Parcialmente
10. ¿Cuáles son los principales desafíos en la gestión de residuos en la empresa?
- Falta de infraestructura
 - Costos elevados
 - Falta de proveedores de reciclaje
 - Desconocimiento de normativas
 - Otro: _____

3. Información sobre el Sector y Normatividad

11. ¿La empresa sigue normativas ambientales específicas para la gestión de residuos?
- Sí (mencionar cuáles): _____
 - No
12. ¿Existe algún incentivo gubernamental o regulatorio para fomentar la reutilización de residuos?
- Sí
 - No
 - No lo sé
13. ¿Cómo considera que el sector en el que opera la empresa maneja la gestión de residuos?

- Muy eficiente
- Eficiente
- Regular
- Ineficiente
- Muy ineficiente

4. Oportunidades de Mejora y Percepción de Logística Inversa

14. ¿Cree que la implementación de un modelo de logística inversa mejoraría la gestión de residuos en la empresa?

- Sí
- No
- No lo sé

15. ¿Qué beneficios considera que podría traer un sistema de logística inversa?

- Reducción de costos
- Cumplimiento normativo
- Mejora en la imagen corporativa
- Generación de nuevas oportunidades de negocio
- Otro: _____

Observaciones Adicionales:

Teniendo en cuenta la empresa, los residuos que quedan se pueden reutilizar para ayudar al medio ambiente, ya que su uso es en metros.

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Datos Generales

- Nombre del encuestado: Hender Antonio Chacón.
- Cargo: Coordinador de Operaciones
- Empresa: Centrales Eléctricas Norte de Santander
- Fecha: 14/03/2025

1. Información sobre la Empresa

1. Tipo de empresa:
 - Pública
 - Mixta
 - Privada
2. Sector económico al que pertenece:
 - Energético
 - Industrial
 - Construcción
 - Otro: _____
3. Tamaño de la empresa:
 - Pequeña (1-50 empleados)
 - Mediana (51-250 empleados)
 - Grande (>250 empleados)
4. ¿Cuenta la empresa con una política de sostenibilidad?
 - Sí
 - No
 - En proceso de implementación
5. ¿Dispone de programas de gestión de residuos sólidos?
 - Sí
 - No
 - Parcialmente

2. Información sobre el Proceso de Gestión de Residuos

6. ¿Qué tipos de residuos sólidos genera la empresa?
 - Madera
 - Plásticos
 - Cartón y papel
 - Metales

- o Otros: _____
- 7. ¿Cuál es el volumen estimado mensual de residuos generados? (en m³):
50 m³
- 8. ¿Cómo se manejan actualmente los residuos de madera?
 - o Disposición en relleno sanitario
 - o Reciclaje interno
 - o Venta a terceros
 - o Donación
 - o Otro: _____
- 9. ¿Existe un proceso de logística inversa para estos residuos?
 - o Sí
 - o No
 - o Parcialmente
- 10. ¿Cuáles son los principales desafíos en la gestión de residuos en la empresa?
 - Falta de infraestructura
 - Costos elevados
 - Falta de proveedores de reciclaje
 - Desconocimiento de normativas
 - Otro: _____

3. Información sobre el Sector y Normatividad

- 11. ¿La empresa sigue normativas ambientales específicas para la gestión de residuos?
 - Sí (mencionar cuáles): Reutilización de residuos aprovechables _____
 - No
- 12. ¿Existe algún incentivo gubernamental o regulatorio para fomentar la reutilización de residuos?
 - Sí
 - No
 - No lo sé
- 13. ¿Cómo considera que el sector en el que opera la empresa maneja la gestión de residuos?

- Muy eficiente
- Eficiente
- Regular
- Ineficiente
- Muy ineficiente

4. Oportunidades de Mejora y Percepción de Logística Inversa

14. ¿Cree que la implementación de un modelo de logística inversa mejoraría la gestión de residuos en la empresa?

- Sí
- No
- No lo sé

15. ¿Qué beneficios considera que podría traer un sistema de logística inversa?

- Reducción de costos
- Cumplimiento normativo
- Mejora en la imagen corporativa
- Generación de nuevas oportunidades de negocio
- Otro: _____

Observaciones Adicionales:

Se maneja el reciclaje de material, pero se implantará mejoras a la hora de reutilizar.

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Datos Generales

- Nombre del encuestado: Hender Antonio Chacón
- Cargo: Coordinador de Operaciones
- Empresa: Centrales Eléctricas Norte de Santander
- Fecha: 11/03/2025

1. Información sobre la Empresa

1. Nombre de la empresa: Centrales Eléctricas Norte de Santander
2. Sector económico al que pertenece:
 - Energético
 - Industrial
 - Construcción
 - Otro: _____
3. Tamaño de la empresa:
 - Pequeña (1-50 empleados)
 - Mediana (51-250 empleados)
 - Grande (>250 empleados)
4. ¿Cuenta la empresa con una política de sostenibilidad?
 - Sí
 - No
 - En proceso de implementación
5. ¿Dispone de programas de gestión de residuos sólidos?
 - Sí
 - No
 - Parcialmente

2. Información sobre el Proceso de Gestión de Residuos

6. ¿Qué tipos de residuos sólidos genera la empresa?
 - Madera
 - Plásticos
 - Cartón y papel
 - Metales

- Otros: Biodegradables, Especiales, Ordinarios e inertes, Peligrosos, Reciclable no peligrosos,
7. ¿Cuál es el volumen estimado mensual de residuos generados? (en m³):
4,298.50
8. ¿Cómo se manejan actualmente los residuos de madera?
- Disposición en relleno sanitario
 - Reciclaje interno
 - Venta a terceros
 - Donación
 - Otro: _____
9. ¿Existe un proceso de logística inversa para estos residuos?
- Sí
 - No
 - Parcialmente
10. ¿Cuáles son los principales desafíos en la gestión de residuos en la empresa?
- Falta de infraestructura
 - Costos elevados
 - Falta de proveedores de reciclaje
 - Desconocimiento de normativas
 - Otro: _____

3. Información sobre el Sector y Normatividad

2

11. ¿La empresa sigue normativas ambientales específicas para la gestión de residuos?
- Sí (mencionar cuáles): Ley 1259, Decreto 284, 1076, 1077, 596,
 - No Resolución 316, 1257, 1297, 1457, 1511, 1512, 2184
12. ¿Existe algún incentivo gubernamental o regulatorio para fomentar la reutilización de residuos?
- Sí
 - No
 - No lo sé
13. ¿Cómo considera que el sector en el que opera la empresa maneja la gestión de residuos?

- Muy eficiente
- Eficiente
- Regular
- Ineficiente
- Muy ineficiente

4. Oportunidades de Mejora y Percepción de Logística Inversa

14. ¿Cree que la implementación de un modelo de logística inversa mejoraría la gestión de residuos en la empresa?

- Sí
- No
- No lo sé

15. ¿Qué beneficios considera que podría traer un sistema de logística inversa?

- Reducción de costos
- Cumplimiento normativo
- Mejora en la imagen corporativa
- Generación de nuevas oportunidades de negocio
- Otro: _____

Observaciones Adicionales:

Nota. Conjunto de cuestionarios utilizados como instrumentos para la recolección inicial de datos durante la fase de diagnóstico.

Apéndice B

Costo y fechas de recolección realizadas por la empresa lito en los últimos 12 meses

Almacén	Fecha	Descripción	Cantidad (Kg)	Costo Unitario	Costo Total	Manifiesto Carga	Certificado de Tratamiento y/o eliminación
Interferias	30/10/2024	Madera en mal estado	1650	\$ 340,00	\$ 561.000,00	Z5-4407	BUC-CAP94
Interferias	14/11/2024	Madera en mal estado	2850	\$ 340,00	\$ 969.000,00	Z5-4456	BUC-CAP106
Interferias	15/11/2024	Madera en mal estado	2850	\$ 340,00	\$ 969.000,00	Z5-4458	BUC-CAP107
Interferias	15/11/2024	Madera en mal estado	2850	\$ 340,00	\$ 969.000,00	Z5-4463	BUC-CAP108
Interferias	27/02/2025	Madera en mal estado	2943	\$ 340,00	\$ 1.000.620,00	Z5-4681	BUC-CAP121
Interferias	27/02/2025	Madera en buen estado	327	\$ 340,00	\$ 111.180,00	Z5-4681	BUC-CAP121
Interferias	17/07/2025	Madera en buen estado	3000	\$ 340,00	\$ 1.020.000,00	Z5-4681	BUC-CAP121
Interferias	21/07/2025	Madera en buen estado	3000	\$ 340,00	\$ 1.020.000,00	Z5-4681	BUC-CAP121
Valor Total			19470		\$ 6.619.800,00		

Nota. Tabla que presenta un historial de los costos y las fechas de los servicios de recolección de residuos realizados por la empresa LITO durante los últimos 12 meses.

Apéndice C

Normativas ambientales que la empresa ya aplica y grado de cumplimiento. Política de Gestión Ambiental

La Compañía Energética del Norte de Santander (CENS) es una empresa con más de 70 años de trayectoria dedicada a la distribución y comercialización de energía eléctrica en la región. Su operación se fundamenta en principios de responsabilidad social, sostenibilidad ambiental y generación de valor para las comunidades a las que presta servicio (CENS, 2023). En coherencia con estos principios, la empresa desarrolla programas de inversión social orientados al fortalecimiento del tejido social, la educación, la inclusión, el cuidado ambiental y el crecimiento económico regional.

Desde el enfoque ambiental, CENS opera bajo un marco normativo robusto que orienta la gestión responsable de sus actividades. La empresa se rige por la normativa nacional en materia de residuos sólidos, energía, seguridad industrial y protección de ecosistemas, cumpliendo leyes como la Ley 1259 de 2008, que establece el comparendo ambiental para infracciones relacionadas con residuos y escombros (Congreso de Colombia, 2008), y la Ley 1672 de 2013, que define lineamientos para la gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) (Congreso de Colombia, 2013). Además, el Plan Nacional de Desarrollo 2018–2022 incorpora criterios de sostenibilidad que orientan la actividad de las empresas prestadoras de servicios públicos (Congreso de Colombia, 2019).

En materia de política pública, CENS acoge los lineamientos del CONPES 3874, que establece la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2016), y del CONPES 4075, el cual fortalece los lineamientos de economía circular en el país (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2023). Así, la

empresa articula su gestión ambiental con las estrategias nacionales dirigidas a fortalecer prácticas de sostenibilidad y reducción del impacto ambiental.

Adicionalmente, CENS se encuentra certificada en normas internacionales como la ISO 9001 (gestión de calidad), ISO 14001 (gestión ambiental) y la ISO 45001 (seguridad y salud en el trabajo), lo que respalda el compromiso institucional con la mejora continua, la prevención de riesgos y la protección del entorno (CENS, 2023).

Dada su área de operación, especialmente en zonas de elevada biodiversidad como Tibú, la empresa reconoce la importancia de mitigar impactos sobre ecosistemas sensibles y especies nativas. Estas zonas se caracterizan por una alta diversidad biológica y requieren medidas de protección especiales, razón por la cual CENS trabaja de manera articulada con las autoridades ambientales regionales, principalmente CORPONOR, para garantizar el cumplimiento de medidas de conservación y manejo sostenible. La empresa integra en su gestión ambiental componentes de educación, participación comunitaria y restauración ecológica, orientados a la prevención de impactos y al fortalecimiento del bienestar territorial.

Finalmente, la infraestructura operativa de CENS —subestaciones, redes y sistemas de distribución— se administra bajo estrictos criterios ambientales definidos por la autoridad regional y las normas vigentes, garantizando procesos responsables para el manejo de residuos, emisiones, materiales peligrosos y mantenimiento preventivo.

Apéndice D

Ficha de Control

Ficha de Control - Residuos de Madera Recuperados

Objetivo: Registrar cada lote de residuos de madera recuperados, acciones realizadas y destino final.

Fecha	Tipo de residuo (Madera)	Volumen (m ³) / Unidades	Acción realizada (Clasificación / Reparación / Reutilización)	Horas invertidas	Responsable	Uso final	Observaciones / Foto
01/08/2025	Estibas grandes	30	Reparación	8 h	J. Pérez Villaruel	Reutilización en almacén	Foto 001
01/08/2025	Guacal transformador	15	Reutilización directa	3 h	Gerson Sanguino	Fabricación de sillas	Foto 002
15/08/2025	Estiba Pequeña	10	Reutilización directa	1	Gerson Sanguino	Fabricación de Avisos	Foto 003
04/08/2025	Cajón	2	Clasificación	0.2	Gerson Sanguino	Fabricación de avisos	Foto 004
05/08/2025	Carrete	5	Reutilización	0.2	Jesus Pérez Villaruel	Reutilización en Almacén	Foto 005
10/08/2025	Carrete	3	Reutilización directa	2	Jesús Perez Villaruel	Fabricación de Mesas	Foto 006

Ubicación del Residuo: Bodega Aprovechamiento.

Estado Inicial del Residuo (Bueno / Dañado / Contaminado): Bueno.

Volumen (m³ / unidades): 65 unidades.

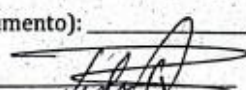
Acción Realizada: Reparación y reutilización

Tiempo Invertido (minutos): 14,04 horas.

Responsable: Juan Carlos Quintero

Uso Final: Reutilización.

Evidencia (foto / documento): _____

Firma de Validación: 

Nota. Planilla diseñada para el registro y control sistemático de los residuos recuperados, sus características y el proceso aplicado.

Apéndice E

Lista de chequeo logística inversa

Lista de Chequeo – Logística Inversa de Residuos de Madera

Objetivo: Verificar en terreno el cumplimiento de prácticas operativas, técnicas, normativas y de sostenibilidad en el manejo de residuos de madera.

Fecha de evaluación: 25/08/2025

Responsable de evaluación: Juan Carlos Quintero

Cargo: Profesional P1 operación y logística almacenes



Dimensión	Item	Descripción del criterio	Valoración (✓ / ✗ / Parcial)	Evidencia / Observaciones
Gestión Operativa	Clasificación de residuos	Separación física y señalizada por tipo (reutilizable, no reutilizable, contaminada).	Si	Se realiza separación de residuos de madera clasificándolos por Reutilizable, No Reutilizable y Contaminado
Gestión Operativa	Zonas de acopio definidas	Áreas específicas, identificadas y separadas físicamente.	Si	Se habilitan 03 espacios de almacenamiento para madera según su clasificación
Gestión Operativa	Limpieza y orden en áreas de almacenamiento	Condiciones de higiene y organización adecuadas.	Si	El área se encuentra separada y demarcada
Gestión Operativa	Equipos y herramientas disponibles	Herramientas para manipulación segura.	Si	Contamos con herramientas manuales y eléctricas para la operación
Gestión Operativa	Registro Semanal de volúmenes y tipos	Control documentado de generación de residuos.	Si	Mediante el diligenciamiento de documento Ficha control de madera
Capacidad Técnica	Equipos de procesamiento disponibles	Maquinaria como trituradoras, sierras o compactadoras.	No	No se requiere este tipo de maquinaria, ya que una empresa externa es la encargada de la

				disposición final de residuos
Capacidad Técnica	Mantenimiento preventivo de equipos	Plan documentada y en ejecución.	Si	Cambios de discos de corte, cambio de brocas, cambio de sierra para caladora
Capacidad Técnica	Espacios para reparación y reacondicionamiento	Áreas habilitadas para recuperar material.	Si	Se habilitó espacio al interior de bodega para realizar trabajos de acondicionamiento de madera
Capacidad Técnica	Uso de software o formatos de seguimiento	Sistemas digitales o físicos para control de material.	Si	Herramientas de Office
Cumplimiento Normativo y Seguridad	Cumplimiento de normativas ambientales	Alineado con legislación nacional vigente.	Si	Cumplimiento de PGIR (Plan de gestión integral de residuos) definido por CENS
Cumplimiento Normativo y Seguridad	Licencias o permisos vigentes	Documentos actualizados y visibles.	Si	Contrato con empresa LITO quien cuenta con licencia ambiental para manejo integral de residuos
Cumplimiento Normativo y Seguridad	Protocolos de seguridad industrial aplicados	Procedimientos para manipulación segura.	Si	Uso de EPP y EPC para realizar labores operativas
Cumplimiento Normativo y Seguridad	Capacitación certificada del personal	Certificados vigentes de entrenamiento.	Si	Se realizaron reuniones presenciales para explicar el modelo de reutilización de madera en CENS con técnicos operativos
Estrategia y Sostenibilidad	Indicadores de impacto ambiental y económico	KPIs definidos, medidos y analizados.	No	
Estrategia y Sostenibilidad	Mejoras implementadas tras auditorías	Evidencia de acciones	Si	Se designó espacio para separación de residuos

Apéndice F

Evaluación del Coordinador

Fecha de evaluación: 15/08/2025

Responsable de evaluación: Héctor Antonio Chacón Rojas

Cargo: Coordinador Almacenes

Ítem	Descripción	Valoración (1-5)	Observaciones	Acciones Correctivas Sugeridas
1	Separación de residuos en origen	5	Se evidencia actividad en sitio.	
2	Clasificación adecuada de estibas y guacales	5	Se evidencia en sitio de acopio.	
3	Registro de volúmenes de residuos	3	Se lleva a cabo registro de cantidades estimadas en la entrega para disposición Final.	Implementar seguimiento a volúmenes almacenados.
4	Uso de herramientas para reparación	5	Se propone maximizar uso de las estibas. Se evidencia en bodega.	
5	Cumplimiento de normativas ambientales	5	Se evidencia aplicación del Plan Integral de Residuos.	

Firma: 

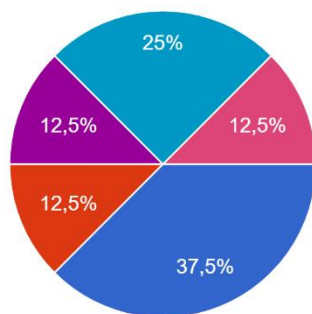
Nota. Formulario utilizado para recoger la evaluación del coordinador o responsable del área respecto al proyecto piloto.

Apéndice G

Tabulación de Entrevistas

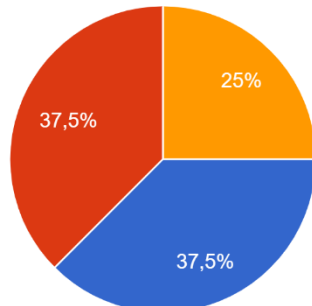
Cargo:

8 respuestas



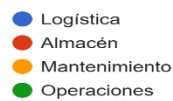
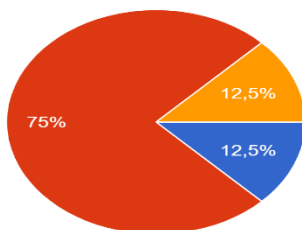
Antigüedad en la empresa:

8 respuestas



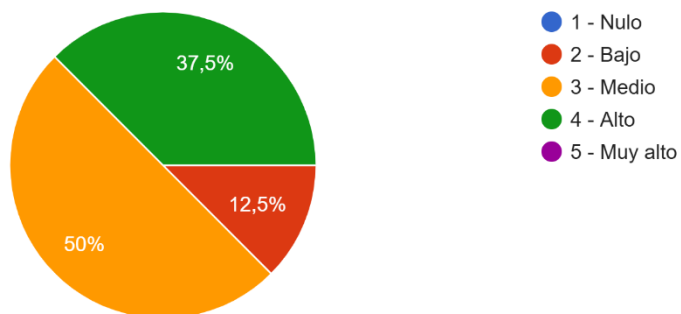
Área de trabajo:

8 respuestas



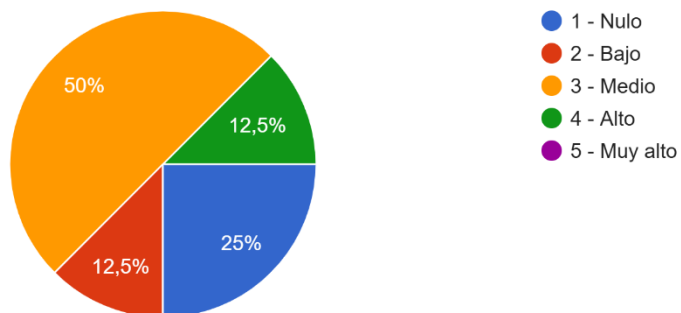
Nivel de conocimiento sobre el concepto de logística inversa:

8 respuestas



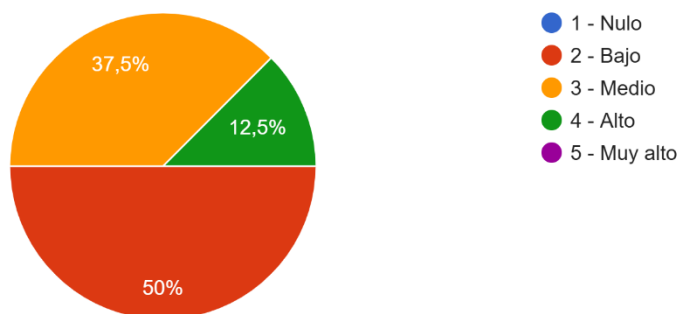
Nivel de conocimiento sobre economía circular aplicada a residuos de madera:

8 respuestas



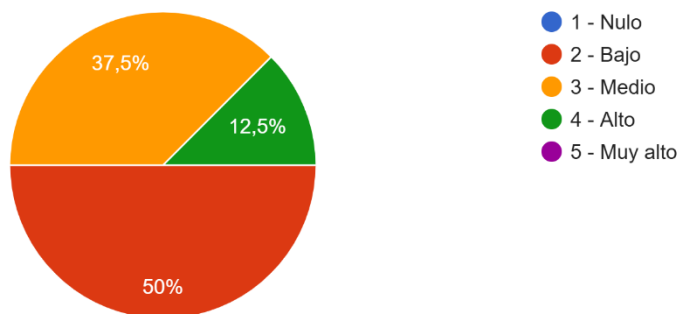
Conocimiento de normativas ambientales aplicables a la gestión de residuos:

8 respuestas



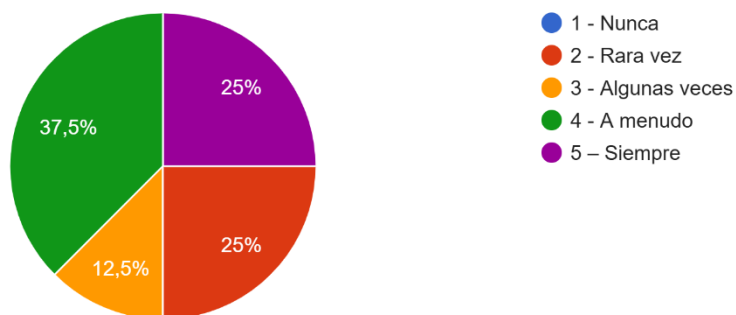
Conocimiento de tecnologías para reutilización o reciclaje de madera:

8 respuestas



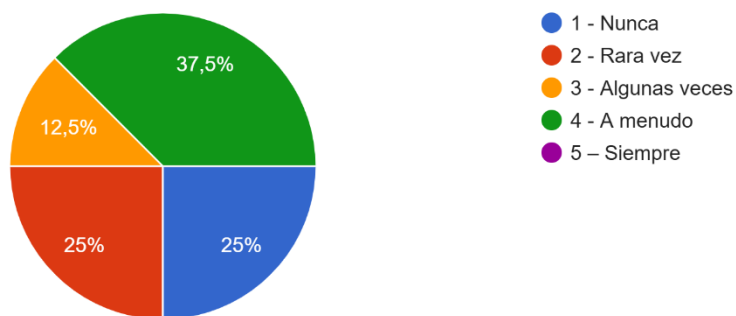
¿Con qué frecuencia clasifica los residuos de madera antes de su disposición?:

8 respuestas



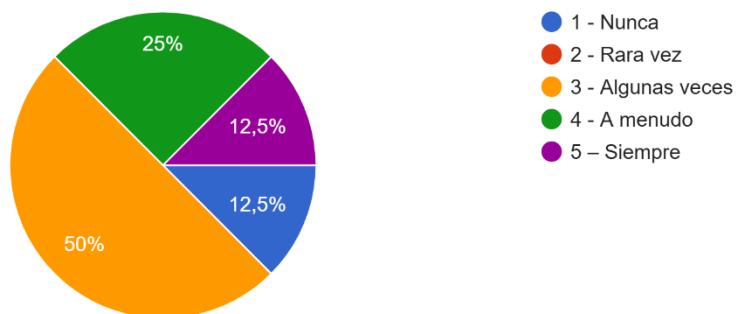
¿Registra el volumen de residuos generados?:

8 respuestas



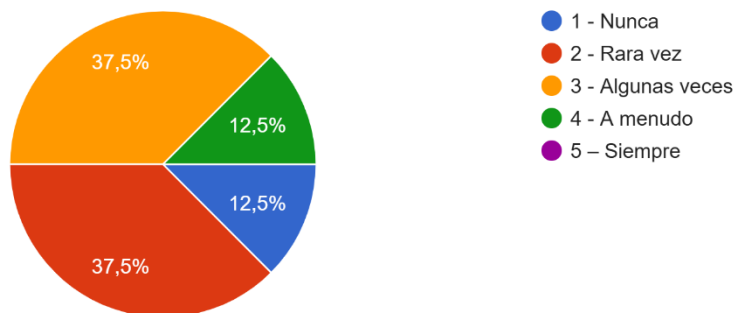
¿Realiza mantenimiento o reparación de estibas/pallets para su reutilización?:

8 respuestas



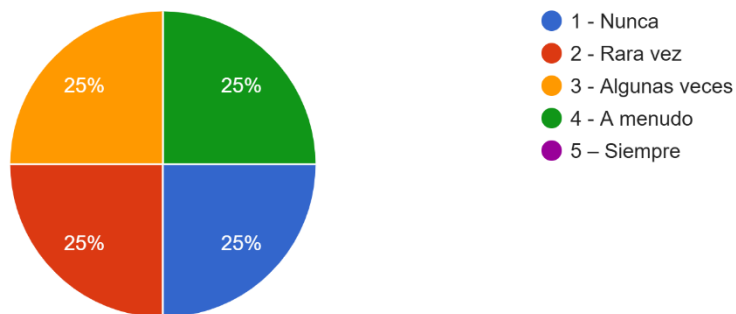
¿Aplica procedimientos documentados para el manejo de residuos?:

8 respuestas



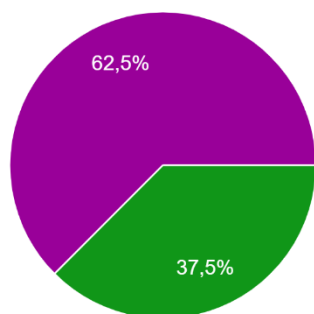
¿Coordina con terceros para la disposición o reciclaje de madera?:

8 respuestas



La implementación de logística inversa reducirá costos operativos:

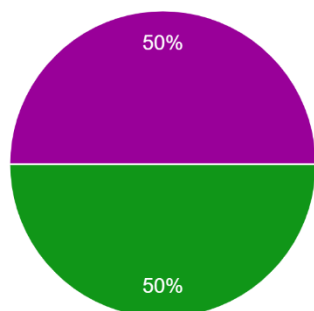
8 respuestas



- 1 - Muy en desacuerdo
- 2 - En desacuerdo
- 3 - Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- 4 - De acuerdo
- 5 - Muy de acuerdo

La reutilización de madera contribuirá a la sostenibilidad ambiental:

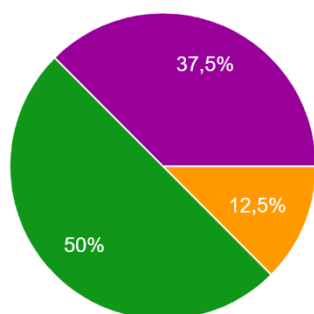
8 respuestas



- 1 - Muy en desacuerdo
- 2 - En desacuerdo
- 3 - Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- 4 - De acuerdo
- 5 - Muy de acuerdo

El modelo propuesto mejorará la imagen corporativa de la empresa:

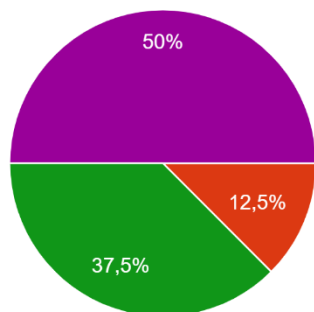
8 respuestas



- 1 - Muy en desacuerdo
- 2 - En desacuerdo
- 3 - Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- 4 - De acuerdo
- 5 - Muy de acuerdo

La empresa tiene la capacidad técnica para implementar el modelo:

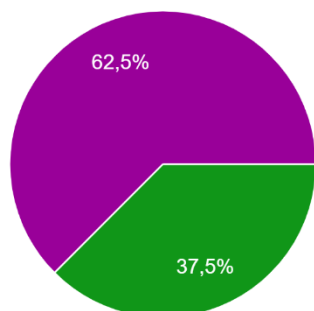
8 respuestas



- 1 - Muy en desacuerdo
- 2 - En desacuerdo
- 3 - Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- 4 - De acuerdo
- 5 - Muy de acuerdo

Estoy dispuesto(a) a capacitarme en logística inversa:

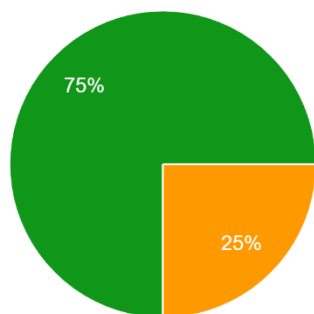
8 respuestas



- 1 - Muy en desacuerdo
- 2 - En desacuerdo
- 3 - Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- 4 - De acuerdo
- 5 - Muy de acuerdo

La falta de infraestructura es una barrera para la implementación:

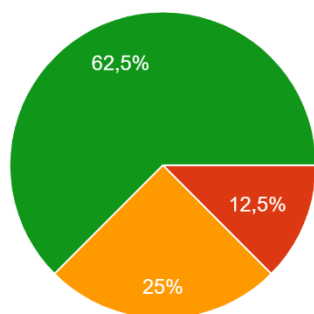
8 respuestas



- 1 - Muy en desacuerdo
- 2 - En desacuerdo
- 3 - Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- 4 - De acuerdo
- 5 - Muy de acuerdo

La resistencia al cambio del personal podría dificultar el proceso:

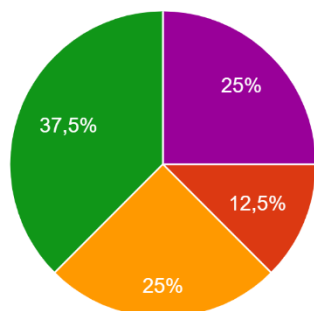
8 respuestas



- 1 - Muy en desacuerdo
- 2 - En desacuerdo
- 3 - Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- 4 - De acuerdo
- 5 - Muy de acuerdo

Contar con incentivos motivaría mi participación en el proyecto:

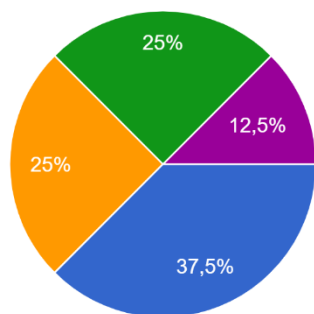
8 respuestas



- 1 - Muy en desacuerdo
- 2 - En desacuerdo
- 3 - Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- 4 - De acuerdo
- 5 - Muy de acuerdo

¿Qué mejoras considera más efectivas para optimizar la gestión de residuos de madera?

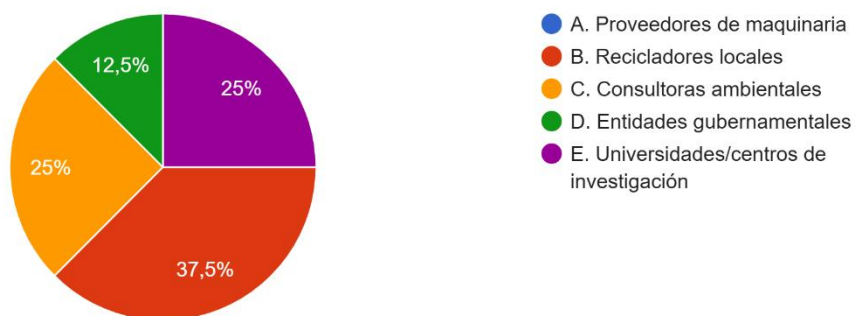
8 respuestas



- A. Capacitación al personal
- B. Inversión en maquinaria (tritadora/compactadora)
- C. Establecer política interna de reutilización
- D. Establecer alianzas con recicladores
- E. Incentivos económicos para el personal

¿Qué aliados serían más útiles para implementar el modelo

8 respuestas



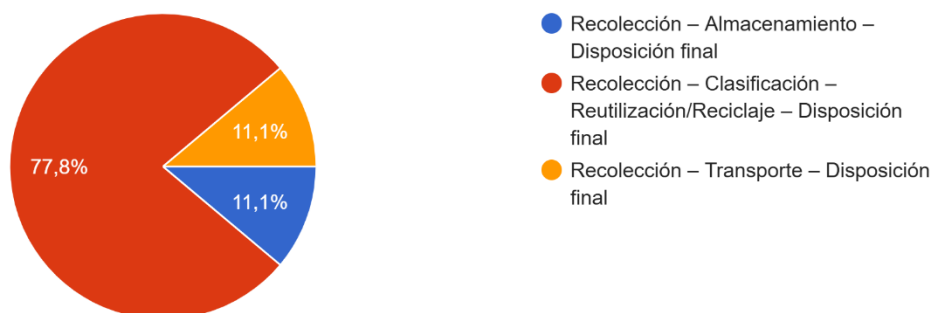
Nota. Matrices que consolidan y organizan las respuestas obtenidas en las entrevistas realizadas al personal durante la investigación.

Apéndice H

Tabulación Encuestas Realizadas al Personal

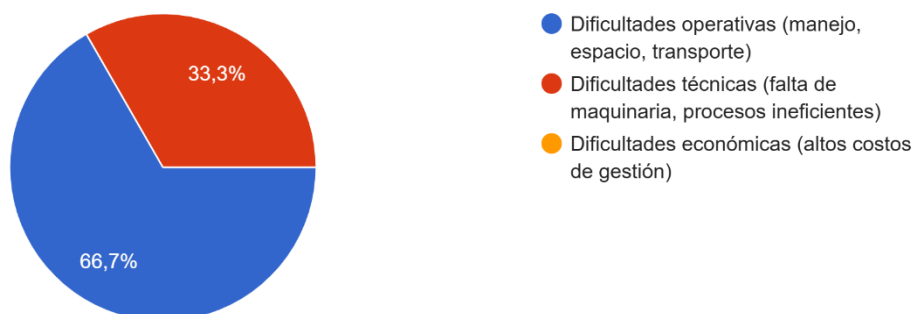
Descripción de los procesos actuales de gestión de residuos de madera ¿Cuáles son las etapas del proceso que mejor describen la gestión de residuos en su empresa?

9 respuestas



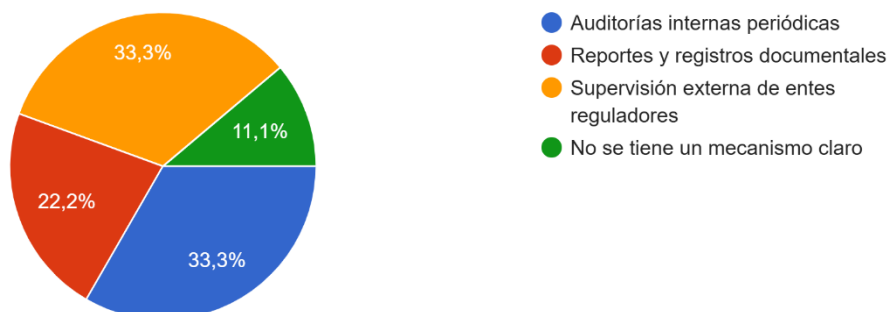
Identificación de problemas críticos ¿Cuál considera el mayor problema en la gestión de residuos de madera?

9 respuestas



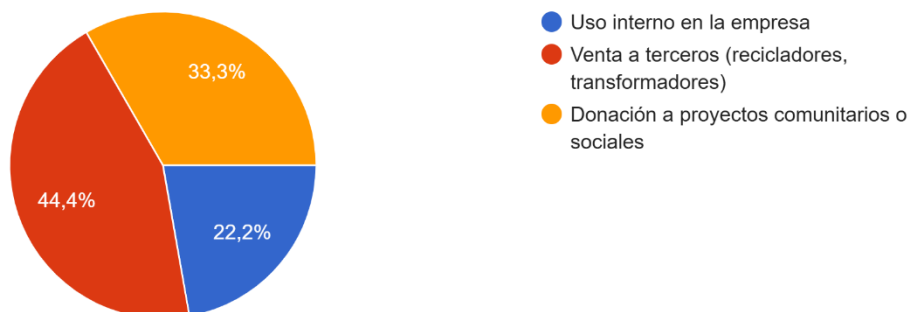
Cumplimiento normativo y políticas internas ¿Cómo se asegura el cumplimiento normativo en la gestión de residuos?

9 respuestas



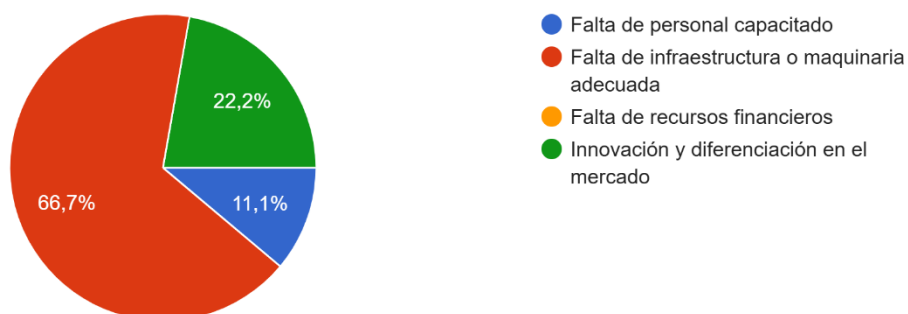
Oportunidades de reutilización y valorización de madera ¿Qué destino considera más viable para la madera recuperada?

9 respuestas



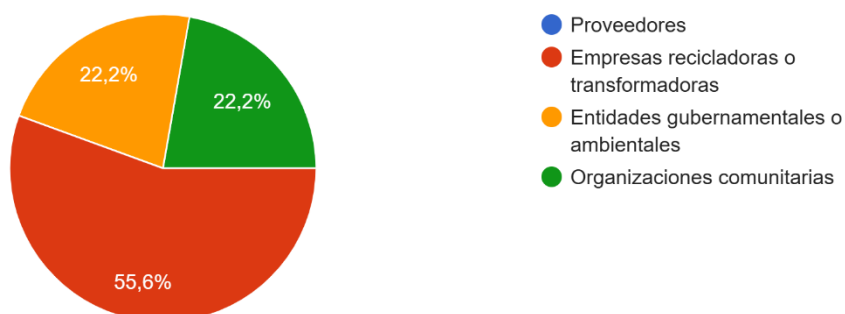
Evaluación de recursos y capacidades internas ¿Cuál es la principal limitación para mejorar la gestión de residuos de madera?

9 respuestas



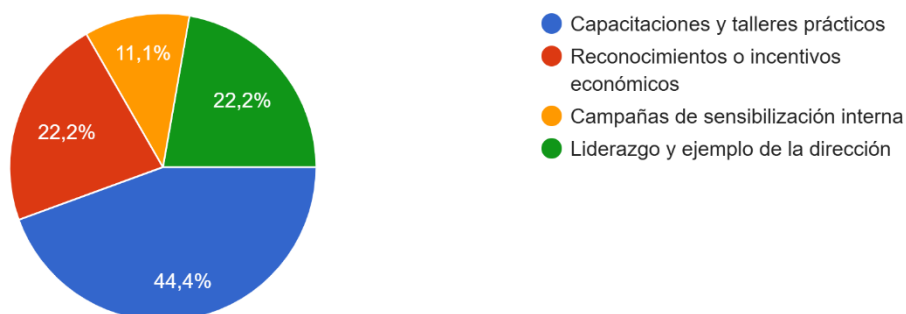
Actores clave y alianzas estratégicas ¿Qué aliado sería más importante para fortalecer la gestión de residuos de madera?

9 respuestas



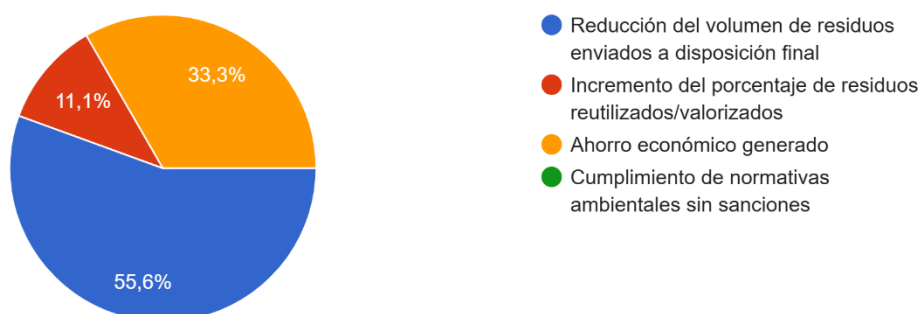
Cultura organizacional y gestión del cambio ¿Qué estrategia motivacional sería más efectiva para el personal en este proceso?

9 respuestas



Visión a futuro En un horizonte de 3–5 años, ¿qué indicador considera más importante para medir el éxito del modelo?

9 respuestas



Nota. Respuestas al cuestionario realizado sobre gestión de residuos de madera, que presentan la tabulación y el análisis estadístico básico de los datos recogidos mediante las encuestas aplicadas al personal.

Apéndice I

Evidencia Fotográfica Almacén Interferías



Nota. Fotografías que muestran el estado inicial y las condiciones generales del Almacén Interferías antes de la implementación del proyecto piloto.

Apéndice J

Evidencia Fotográfica Delimitación de Zonas y Material a Clasificar



Nota. Delimitación de zonas y material a clasificar, así como el material de madera dispuesto para ser organizado.

Apéndice K

Evidencia Fotográfica Clasificación de Material



Nota. Fotografías que capturan el proceso activo de clasificación de los residuos de madera por parte del personal operativo.

Apéndice M

Evidencia Fotográfica Material Recuperado





Nota. Fotografías que exhiben los productos finales o materiales recuperados con éxito, como estibas reparadas u objetos creados a partir de la madera reciclada.