

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2025,
Volumen 9, Número 3.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1

MODELO GERENCIAL INTEGRADO DE LEAN MANUFACTURING PARA MEJORAR LA EFICIENCIA EN LOGÍSTICA INVERSA DEL CAUCHO

**INTEGRATED LEAN MANUFACTURING MANAGEMENT
MODEL TO IMPROVE EFFICIENCY IN RUBBER REVERSE
LOGISTICS**

Leonel Gonzalo Briceño de los Santos
Fundación Universitaria COMPENSAR, Colombia

Modelo Gerencial Integrado de Lean Manufacturing para Mejorar la Eficiencia en Logística Inversa del Caucho

Leonel Gonzalo Briceño de los Santos ¹

lgbriceno@ucompensar.edu.co

<https://orcid.org/0000-0002-1192-7990>

Fundación Universitaria COMPENSAR

Colombia

RESUMEN

Este documento se enfoca en el diseño de un modelo para la aplicación de herramientas de lean manufacturing en la logística inversa del caucho, con el objetivo de optimizar el uso del producto y mejorar la eficiencia operativa de las actividades en el municipio Villavicencio-Colombia. Esta disciplina de la logística presenta desafíos significativos, debido a la necesidad de gestionar eficazmente el producto una vez culminada su vida útil, minimizando su impacto dentro de los diferentes ecosistemas y maximizando su valor económico. **Métodos.** El estudio se desarrolló utilizando un enfoque mixto, con un alcance descriptivo, que combinó métodos cualitativos (entrevistas semiestructuradas) y cuantitativos (cuestionarios) para recopilar datos sobre los procesos actuales, identificar áreas de mejora y proponer un modelo integrado de lean manufacturing adaptado al contexto local. **Resultados.** El modelo desarrollado incluye la implementación de herramientas como flujo continuo, justo a tiempo (JIT) y mejora continua (Kaizen), estrategias diseñadas para optimizar la gestión de residuos de caucho desde la recolección del producto para luego proceder a su posterior procesamiento. **Conclusión.** Una vez identificadas las áreas susceptibles a mejoras se efectuó una propuesta de modelo piloto el cual se aplicó en el primer eslabón del proceso (la recolección del producto) esto con el objetivo de caracterizar las actividades realizadas luego de que el caucho culmina su vida útil y es considerado un desecho para los establecimientos encargados del reemplazo de este.

Palabras clave: logística inversa, lean manufacturing, caucho, optimización, sostenibilidad

¹ Autor principal.

Correspondencia: lgbriceno@ucompensar.edu.co

Integrated Lean Manufacturing Management Model to Improve Efficiency in Rubber Reverse Logistics

ABSTRACT

This document focuses on the design of a model for the application of lean manufacturing tools in rubber reverse logistics, with the aim of optimizing the use of the product and improving the operational efficiency of activities in the municipality of Villavicencio-Colombia. This discipline of logistics presents significant challenges, due to the need to effectively manage the product once its useful life is over, minimizing its impact within the different ecosystems and maximizing its economic value.

Methods. The study was developed using a mixed approach, with a descriptive scope, which combined qualitative (semi-structured interviews) and quantitative (questionnaires) methods to collect data on current processes, identify areas for improvement and propose an integrated lean manufacturing model adapted to the local context. **Results.** The developed model includes the implementation of tools such as continuous flow, just-in-time (JIT) and continuous improvement (Kaizen), strategies designed to optimize the management of rubber waste from the collection of the product to then proceed to its subsequent processing. **Conclusion.** Once the areas susceptible to improvement were identified, a pilot model proposal was made, which was applied in the first link of the process (the collection of the product), this with the aim of characterizing the activities carried out after the rubber ends its useful life and is considered a waste for the establishments in charge of its replacement.

Keywords: reverse logistics, lean manufacturing, rubber, optimization, sustainability

Artículo recibido 03 mayo 2025

Aceptado para publicación: 07 junio 2025



INTRODUCCIÓN

En el ámbito del lean manufacturing, las actividades dentro de los procesos se clasifican en tres categorías: aquellas que agregan valor, las que no lo hacen y las necesarias que, aunque no aportan valor directamente, son indispensables. La reducción de actividades que no agregan valor, mediante la eliminación de tareas innecesarias puede incrementar significativamente la eficiencia y flexibilidad del proceso objeto de estudio. Este enfoque facilita una mejor adaptación a las necesidades cambiantes de los siguientes eslabones de la cadena de valor. La implementación de principios de un proceso manufacturero optimizado tiene un impacto sustancial en las empresas, al incrementar el valor añadido del producto final. Es crucial eliminar las actividades que no aportan valor, ya que representan desperdicios que afectan directamente al proceso, tal es el caso del exceso de tareas repetitivas que prolongan los tiempos operativos (Ghaithan et al., 2021). Una estrategia que permita controlar estos desperdicios es esencial para la supervivencia de las empresas en el competitivo entorno manufacturero actual. La presente investigación examina la influencia de las herramientas de lean manufacturing en el proceso de logística inversa del caucho. Al aplicar estos principios, se busca optimizar la gestión de retornos y el reprocesamiento del caucho, reduciendo desperdicios y mejorando tanto la sostenibilidad como la eficiencia de la cadena de suministro. La gestión eficiente de la logística inversa representa un desafío estratégico crucial para las organizaciones modernas, especialmente en industrias donde la sostenibilidad y el aprovechamiento óptimo de recursos son prioritarios (Briceño & Ospina, 2024). En este contexto, el sector del caucho enfrenta la necesidad de implementar prácticas innovadoras que permitan maximizar la reutilización y el valor del producto al final de su ciclo de vida. Una aproximación prometedora para abordar este desafío es la aplicación de herramientas lean manufacturing, reconocidas por su capacidad para eliminar desperdicios y mejorar la eficiencia en los procesos (G. Q. Quispe Santivañez, 2024). Estas herramientas permiten incorporar estrategias de mejora dentro de las operaciones, logrando identificar y suprimir actividades que no generan valor conocidas como “mudas” en algunos entornos laborales. La correcta caracterización de estas actividades permite discernir cuáles operaciones aportan valor al proceso y cuáles pueden ser eliminadas o mejoradas. Este enfoque puede ser aplicado a diversos procesos productivos (Briceño et al., 2024).

El marco teórico que guía el proceso de investigación se fundamenta en los principios del lean



manufacturing y su integración con el enfoque hologerencial. Este último se basa en una visión sistémica y holística para la gestión organizacional, promoviendo una toma de decisiones colaborativa y orientada hacia el desarrollo sostenible. Desde un marco axiológico, la investigación se centra en valores como la eficiencia operativa, la sostenibilidad ambiental y la responsabilidad social empresarial. Estos valores son esenciales para garantizar que las mejoras propuestas no solo optimicen los procesos internos, sino que también contribuyan al bienestar general del entorno industrial y comunitario. La incorporación del enfoque hologerencial resulta clave para estructurar un modelo operativo que permita gestionar eficazmente los recursos y actividades a lo largo del ciclo de vida del caucho. Este enfoque fomenta una perspectiva integral donde se evalúa el impacto de cada componente del proceso a lo largo de toda la cadena de valor. Su importancia radica en que facilita una transición hacia prácticas más sostenibles y adaptativas, lo cual es crítico en un contexto manufacturero marcado por constantes cambios tecnológicos y exigencias ambientales (G. Q. Quispe Santivañez, 2024).

En respuesta a esta problemática, este documento propone el diseño de un modelo que integre herramientas lean manufacturing en el proceso de logística inversa del caucho. El objetivo principal es optimizar el uso del producto y reducir impactos ambientales adversos. Para ello, se realizará un análisis detallado de todas las actividades que conforman la cadena de valor del caucho una vez finalizada su vida útil. Esto permitirá establecer mejoras orientadas hacia una reutilización adecuada del producto, la problemática analizada permite inferir sobre algunas variables que se pueden analizar con el propósito de dar respuesta a algunas interrogantes, estas dan paso a la pregunta central del proceso de investigación, la cual plantea lo siguiente ¿Cómo pueden las herramientas lean manufacturing ser empleadas eficazmente para mejorar el proceso de logística inversa del caucho, específicamente en el municipio de Villavicencio, departamento del Meta, Colombia? Para responder a esta interrogante se propone desarrollar una propuesta gerencial que permita incorporar mejoras a lo largo de toda la cadena de valor del proceso objeto de estudio, iniciando con una metodología que permita la identificación de los principales flujos y métodos involucrados en el ciclo de vida del caucho dentro del contexto local, desarrollando actividades de levantamiento de información en los centros de trabajo de la ciudad de Villavicencio en el departamento del Meta, Colombia, lo que permitirá identificar oportunidades de mejora en diferentes eslabones de la cadena de valor objeto de estudio. Seguidamente, se analizarán las



condiciones actuales bajo las cuales se desarrollan las acciones en cada etapa del proceso y el impacto que estas generan en la productividad de las actividades operativas. Esto permitirá evaluar las herramientas lean manufacturing más adecuadas para ser aplicadas considerando las particularidades locales y los aportes positivos que permitan potencializar el proceso objeto de estudio. El levantamiento de esta información dará paso al diseño de un modelo gerencial estructurado basado en lean manufacturing que permita incrementar la productividad de las actividades y la eficiencia del proceso de logística inversa del caucho. Este modelo estará orientado hacia la eliminación eficiente de tiempos muertos, tareas innecesarias y reprocesos existentes. Además, se buscará reducir costos operativos mientras se maximiza el aprovechamiento sostenible del producto.

El estudio será desarrollado específicamente en Villavicencio, Meta, Colombia, aprovechando las condiciones locales y colaborando estrechamente con actores industriales regionales. La investigación busca contribuir al cuerpo académico sobre gestión operativa y logística inversa mediante insights prácticos replicables en otras industrias similares. Asimismo, pretende ofrecer soluciones aplicables para optimizar procesos industriales mientras se promueve un impacto positivo tanto económico como ambiental.

Revisión bibliográfica

La logística inversa se concibe como el proceso estratégico de planificación, implementación y control eficiente del flujo de productos y materiales desde el punto de consumo hasta el origen, con el fin de recuperar valor o garantizar su disposición final de forma ambientalmente adecuada (Ticona G, 2024). Este enfoque se ha posicionado como un componente esencial dentro de las cadenas de suministro sostenibles, dado su impacto en la reducción de residuos y la optimización de recursos. En el contexto específico del caucho, la logística inversa cobra especial relevancia ante la urgente necesidad de gestionar los neumáticos fuera de uso (NFU) y otros subproductos derivados (Spósito & Santos, 2020). Estos residuos de alta persistencia ambiental requieren procesos técnicos para su recuperación, reutilización o reciclaje, a fin de minimizar su impacto ecológico y maximizar su aprovechamiento económico en una lógica de economía circular que permita aprovechar esta materia prima dentro de un modelo de negocio sostenible donde se apliquen estrategias de hologerencia que permita el aprovechamiento adecuado del caucho una vez finalizada su vida útil (Atul Palange et al., 2021).

Con el objetivo de estructurar un modelo hologerencial que articule toda la cadena de valor del proceso de logística inversa del caucho, se propone la aplicación de nuevas tecnológicas que optimicen el proceso, logrando un incremento en su eficiencia, es por ello que se propone la aplicación de Lean Manufacturing, la cual surge en el sistema de producción de Toyota como una filosofía orientada a la eliminación de desperdicios (muda) y a la maximización del valor entregado al cliente (Pando et al., 2021). Sus principios han sido ampliamente adoptados en contextos industriales por su capacidad de mejorar la eficiencia operativa, reducir los tiempos de ciclo y elevar los estándares de calidad. Entre las herramientas más representativas se encuentran:

- Flujo continuo, que busca evitar interrupciones y acumulaciones innecesarias;
- Justo a Tiempo (JIT), orientado a producir lo necesario en el momento preciso, minimizando inventarios;
- Kaizen, que fomenta la mejora incremental y sostenida en todos los niveles organizacionales;
- Poka-yoke, sistemas a prueba de errores que previenen fallas y defectos desde el diseño del proceso.

Estas herramientas, inicialmente diseñadas para entornos manufactureros, han demostrado ser adaptables a otros contextos, incluyendo la gestión ambiental y los procesos logísticos, lo que deriva en un impacto en toda la organización, logrando incrementar la sostenibilidad del negocio al cual se apliquen (Sven-Vegard Buer et al., 2018).

En los últimos años se ha evidenciado una convergencia entre los principios del Lean Manufacturing y los objetivos de la logística inversa, particularmente en industrias donde la gestión de residuos representa una carga operativa significativa. Estudios como los de (G. Q. Quispe Santivañez, 2024) y (Briceño et al., 2024) demuestran cómo herramientas lean pueden ser adaptadas para optimizar la recolección, clasificación, transporte y procesamiento de materiales reciclables, mejorando tanto la eficiencia operativa como la sostenibilidad del sistema. En el caso del caucho, estas herramientas permiten rediseñar los procesos de recolección de neumáticos, implementar estaciones de clasificación con mecanismos de error cero (Poka-yoke), y reducir tiempos muertos mediante flujos sincronizados de materiales. Esta sinergia abre nuevas posibilidades para el desarrollo de modelos logísticos más ágiles, limpios y rentables (Uriarte-Miranda et al., 2018).

En la revisión sistemática de literatura realizada, se identifican múltiples estudios enfocados en la aplicación de Lean Manufacturing en sectores industriales como el automotriz, alimentario y electrónico, tal como se puede evidenciar en los trabajos de: (Jorge E. Calpa-Oliva & Calpa-Oliva, 2020) (Brito José, 2021) (Elita et al., 2019). No obstante, son limitadas las investigaciones que abordan específicamente la logística inversa del caucho desde esta perspectiva. Adicionalmente, se observa una escasa producción científica centrada en contextos latinoamericanos y aún más restringida en territorios como el departamento del Meta, en Colombia. Esta brecha investigativa constituye una oportunidad clave para el presente estudio, el cual se enfoca en el municipio de Villavicencio, una ciudad con creciente actividad industrial y con desafíos significativos en la gestión de residuos sólidos. Al integrar herramientas como Kaizen, JIT y Poka-yoke en el proceso de logística inversa del caucho, se plantea no solo una innovación técnica, sino también una contribución concreta a la sostenibilidad regional.

A través de un análisis crítico del estado del arte, se evidencia que, si bien existen aplicaciones exitosas de estas herramientas en otros sectores, su adaptación al tratamiento de neumáticos fuera de uso aún es incipiente. Esta laguna representa una oportunidad para el desarrollo de modelos logísticos más eficientes y sostenibles, permitiendo que esta investigación contribuya de forma significativa al conocimiento aplicado en logística circular y desarrollo territorial.

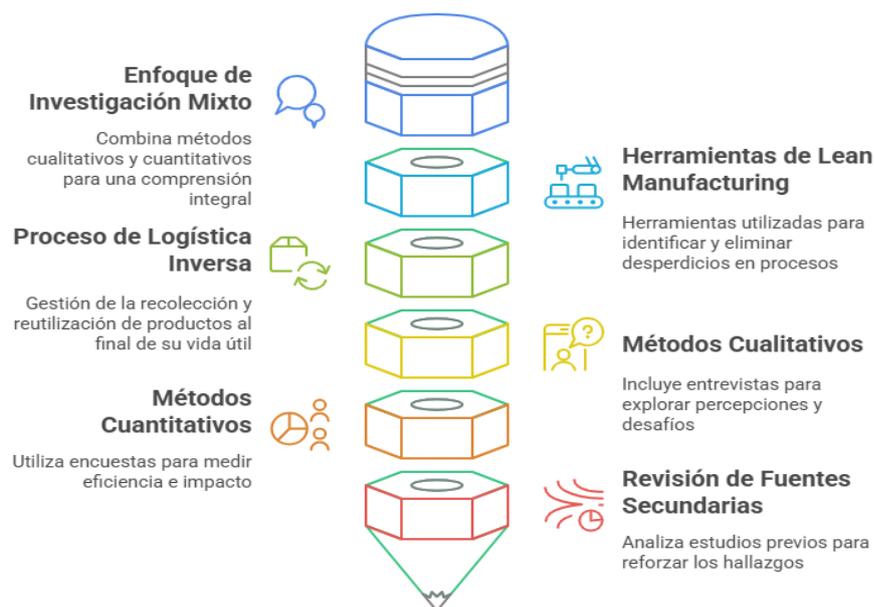
METODOLOGÍA

La logística inversa ha sido reconocida como una herramienta poderosa para realizar la recolección, transporte y reutilización de diferentes productos luego de finalizada su vida útil (Carrasco et al., 2023). Las herramientas de lean manufacturing se definen como una metodología sistemática y estructurada que se utiliza para encontrar, resolver y prevenir problemas de rendimiento mediante enfoques de rastreo hacia atrás para obtener las principales raíces ocultas de los desperdicios (Huang et al., 2022). La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, integrando tanto métodos cualitativos como cuantitativos con el propósito de obtener una comprensión integral del fenómeno en estudio. El enfoque cualitativo permitió explorar las percepciones, prácticas y experiencias de los actores involucrados en el proceso de logística inversa del caucho en el municipio de Villavicencio, mientras que el componente cuantitativo facilita medir el impacto y la eficiencia de la aplicación de herramientas Lean Manufacturing sobre dicho proceso. Esta combinación metodológica potencia la validez de los hallazgos

asegurando la triangulación de datos para obtener resultados más sólidos y contextualizados. El diseño de investigación seleccionado fue exploratorio, permitiendo indagar las características del proceso actual y proponer mejoras utilizando el modelo de lean manufacturing. Seguidamente, se identificó la población de estudio la cual estuvo compuesta inicialmente por 15 empresas y entidades involucradas en la gestión de residuos de caucho en Villavicencio, Meta, Colombia. La muestra fue seleccionada de manera no probabilística por conveniencia, enfocándose en la cantidad de centros de trabajos existente en la actualidad, lo cual dio como resultado que la población y la muestra fueran las mismas.

Posteriormente se desarrolló el enfoque cualitativo, el cual contó con la aplicación de entrevistas semiestructuradas, las cuales fueron aplicadas a los gerentes y responsables de la operación en las empresas participantes, esto con el objetivo de comprender los procesos actuales e identificar desafíos y percepciones sobre la aplicación de lean manufacturing en el proceso objeto de estudio. Con el propósito de completar el enfoque mixto de la investigación se aplicó el enfoque cuantitativo, el cual constó en la incorporación de encuestas entre los empleados involucrados en el proceso de logística inversa para recopilar datos sobre la eficiencia actual, tiempos de ciclo, costos operativos y otros indicadores relevantes. Para asegurar un mejor entendimiento de la metodología propuesta en el proceso de investigación se presenta la figura #1, la cual identifica cada uno de los pasos desarrollados y su importancia en la investigación.

Figura 1 metodología propuesta para el proceso de investigación



Fuente: Elaboración propia (2025)

Con el diseño de fortalecer la investigación se realizó una revisión de fuentes secundarias, las cuales permitieron ampliar de manera considerable los parámetros obtenidos con la aplicación de las fuentes primarias, tal como se evidencia en la tabla #1, existen una gran variedad de análisis del impacto que producen las herramientas de lean manufacturing en diferentes procesos logísticos, lo que permite reforzar los resultados obtenidos durante la recolección de la información.

Para garantizar la validez y confiabilidad de los instrumentos aplicados en el proceso metodológico, se realizó una revisión por juicio de expertos, la cual estuvo conformada por tres especialistas en logística, gerencia operativa y metodologías de investigación, con trayectoria en procesos de logística inversa y gestión sostenible. Estos expertos evaluaron la claridad, pertinencia y coherencia de cada ítem incluido en las entrevistas semiestructuradas y en los cuestionarios, sugiriendo ajustes que fueron incorporados antes de la aplicación definitiva. Adicionalmente, se aplicó una prueba piloto a un grupo reducido de actores del sector, lo cual permitió verificar la comprensión de las preguntas y realizar ajustes lingüísticos y técnicos necesarios. Estas acciones fortalecieron la confiabilidad del instrumento, asegurando la recolección de datos consistentes y pertinentes con los objetivos del estudio.

Tabla 1. Impacto documentado de las herramientas Lean Manufacturing en procesos logísticos y de logística inversa

Herramienta Lean	Proceso logístico intervenido	Impacto reportado según los documentos revisados	Fuente
Kaizen	Mejora continua en clasificación de residuos	Reducción del 20% en tiempos de segregación	(Pando et al., 2021)
Justo Tiempo	a Programación de recolección de neumáticos	Reducción del 15% en costos de transporte	(Afanador Barajas & Villalba Cruz, 2020)
5S	Almacenamiento y manejo de materiales recuperados	Mejora del orden y eficiencia operativa	(Sara Carrasco & Rosillo, 2021)
Poka-yoke	Prevención de errores en clasificación de materiales	Disminución del 30% en errores operativos	(Malpartida Jorge et al., 2020)
Flujo Continuo	Procesamiento de neumáticos reciclados	Reducción del 18% en tiempos de ciclo	(Tamer Haddad et al., 2021)

Fuente: Elaboración propia (2025)

La tabla #1 presenta una síntesis comparativa de diversos trabajos de investigación en diferentes planos operativos que documentan el impacto de herramientas lean manufacturing aplicadas a procesos logísticos, estas investigaciones articulan de forma interesante, como distintas herramientas pueden inferir de manera positiva en los procesos actuales, lo que permite darle un enfoque holístico a los procesos dando como resultado la implementación de la hologerencia en el proceso de trabajo analizado.



La bibliografía analizada se presenta en contextos similares al de la logística inversa del caucho. Se destaca que herramientas como Kaizen y 5S han sido ampliamente adoptadas en fases críticas del proceso, destacando en la clasificación, manipulación y almacenamiento de residuos, generando mejoras sustanciales en la eficiencia operativa. Por su parte, Justo a Tiempo (JIT) ha demostrado ser eficaz en la optimización de rutas y programación de recolección de neumáticos, reduciendo significativamente los costos logísticos. Asimismo, la implementación de sistemas Poka-yoke ha contribuido a la minimización de errores humanos, especialmente en procesos de clasificación del producto una vez colocado en el almacén. Finalmente, la adopción de estrategias de flujo continuo ha permitido reducir tiempos de ciclo en plantas de reciclaje, lo cual es clave para incrementar la productividad en sistemas de logística inversa. Estos hallazgos respaldan el enfoque metodológico del presente estudio y orientan el diseño de propuestas de mejora adaptadas al contexto de Villavicencio, Meta. La triangulación de estos datos secundarios con los hallazgos obtenidos en campo fortalece la validez y aplicabilidad de los resultados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caso de estudio

El proceso de investigación se desarrolló en el municipio Villavicencio en el departamento del Meta, Colombia, las empresas que participaron se encuentran ubicadas dentro del municipio objeto de estudio, es de resaltar, que en la actualidad el proceso de logística inversa que se desarrolla en las empresas de la región está orientado en su mayoría a la recolección de plástico, vidrio, cartón entre otros, lo que permite identificar una oportunidad de mejora considerable, ya que las tareas que involucran el proceso de logística inversa del caucho pueden ser aplicadas como estrategia de mejora de los procesos actuales, la tabla #2 muestra la caracterización de las empresas que conformaron la población y la muestra en el proceso de investigación.

Tabla 2. Caracterización de asociaciones participantes en el estudio

Nombre de la Asociación	Actividad principal	Porcentaje de aporte al proceso investigativo (%)
Héroes del Planeta	Recolección y sensibilización ambiental comunitaria en sectores urbanos.	5%
Arvillanos	Reciclaje tradicional de materiales sólidos y educación ambiental escolar.	7%
Asociación de Recicladores del Meta	Clasificación de residuos y consolidación de rutas de reciclaje municipal.	9%
Recuperarte	Transformación de llantas usadas en mobiliario urbano y artesanías sostenibles.	8%
Asociación de Recicladores con Canitas	Recolección en zonas de difícil acceso y desarrollo de programas sociales.	6%
P&G Renacer	Clasificación, acopio y transformación de caucho para procesos industriales circulares.	5%
Recinam del Llano	Especialistas en caucho reciclado y reutilización de derivados para construcción.	9%
Asoluz Verde	Educación ambiental, reciclaje y capacitación en técnicas sostenibles.	5%
Colombia Recicla	Promoción de economía circular y diseño de procesos logísticos sostenibles.	7%
Proyectos Ambientales Recuperables del Meta	Gestión de residuos peligrosos y reciclaje técnico-industrial.	8%
Recuperando Ando	Procesamiento manual de llantas en estado crítico y distribución a centros de transformación.	6%
Transformadores del Medio Ambiente de los Llanos Orientales	Innovación en reutilización de llantas para proyectos de infraestructura comunitaria.	7%
Biopllass	Producción de materiales plásticos biodegradables y programas de recolección selectiva.	5%
Guardianes del Ambiente	Activismo ambiental juvenil y fomento del reciclaje en comunidades escolares.	5%
Brillambiente del Llano	Servicio de aseo público y soporte en separación de residuos industriales.	8%

Fuente: elaboración propia (2024)

Una vez establecida la muestra de empresas que participaron en el proceso de recolección de información, la cual estuvo conformada por 15 centros de trabajo ubicados en el municipio Villavicencio, se procedió a la aplicación de una herramienta de recolección de información, el instrumento estuvo conformado por 7 preguntas de respuesta mixtas (de respuestas cerradas y selección simple), esto permitió el desarrollo de un enfoque mixto según lo establecido anteriormente, para el caso de las preguntas de selección simple se persigue establecer el nivel de información con el que cuentan los participantes en el proceso y las oportunidades de mejora que esto puede aportar a la investigación. Seguidamente, se presenta la tabla #3, la cual contiene las preguntas de la encuesta y los resultados



obtenidos, se debe desatacar que dentro de las mejoras de los procesos se realiza la presentación de los resultados de una forma sintetizada, debido a que en cada columna de la tabla se analiza un aspecto trabajado en la actividad, iniciando de izquierda a derecha con la pregunta aplicada y en la parte derecha se puede observar el porcentaje obtenido con las respuestas recolectadas, con esta estrategia se espera ofrecer una mejor experiencia de lectura .

Tabla 3 Encuesta aplicada a la muestra objeto de estudio.

PREGUNTA	SI	NO	OTROS (EXPLIQUE)
¿Su empresa se dedica a la logística inversa del caucho en Villavicencio?	14	86	
¿Su empresa cuenta con un proceso establecido de logística inversa para el caucho?	5	95	
¿Usted considera que el proceso actual de logística inversa del caucho en su empresa es eficiente?	32	68	
¿Está familiarizado con las herramientas de Lean Manufacturing?	3	97	
¿Cree usted que la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing podría mejorar el proceso de logística inversa del caucho en su empresa?	68	12	No estoy seguro 30%
¿Considera que la implementación de herramientas de Lean Manufacturing requeriría una inversión significativa en su empresa?	41	33	No estoy seguro 26 %
¿Estaría dispuesto a invertir en la implementación de herramientas de Lean Manufacturing para mejorar la logística inversa del caucho?	14	26	No estoy seguro 60 %
¿Cree que la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing en la logística inversa del caucho podría generar beneficios tangibles para su empresa?	55	12	No estoy seguro 33 %

Fuente elaboración propia 2024.

Con el desarrollo del enfoque mixto que identifica este proceso investigativo, se inicia con la aplicación de un diseño exploratorio, el cual se ve reflejado en la aplicación de una encuesta semi estructurada, la cual permite realizar un análisis cualitativo de las características que posee actualmente el proceso de logística inversa del caucho en el municipio Villavicencio. Dentro del grupo de preguntas que se aplican en la herramienta de recolección de información se puede destacar la poca información que tienen las empresas del sector objeto de estudio sobre la importancia de la aplicación de las herramientas de lean manufacturing en los diferentes procesos productivos y su impacto, esto permite identificar diferentes estrategias de mejora con respecto al objetivo de este proceso de investigación. Partiendo de esa premisa se incorpora una pregunta adicional al proceso de recolección de información, esta interrogante persigue identificar cuál de las herramientas es la de mayor preferencia por las empresas y cuales pueden ser sus

oportunidades de mejora con la incorporación de esa actualización a sus procesos, la pregunta es la siguiente:

¿Qué tipo de herramientas de Lean Manufacturing estaría dispuesto a implementar en su proceso de logística inversa del caucho?

Kaizen

5S

Justo a Tiempo

Poka-Yoke

Debido a la poca información con la que cuentan los empresarios del sector el 12% manifiesta preferir la aplicación de la estrategia 5 S dentro de su proceso de trabajo, para lo cual se propone una jornada de capacitación en referencia a las otras herramientas con las que se puede contar y su impacto dentro de la cadena de valor del proceso.

Con el objetivo de tener un panorama más amplio del proceso de realizó la aplicación de un cuestionario a la población, esto con el propósito de tener un enfoque cuantitativo de las actividades y las posibles mejoras que se puedan aplicar a los diferentes eslabones de la cadena de valor del caucho, tal como se puede evidenciar en la tabla #4, los empresarios pertenecientes a la muestra del proceso plasmaron sus impresiones sobre el desarrollo actual de las actividades en el municipio Villavicencio.

Tabla 4 Cuestionario para identificar la eficiencia actual, tiempos de ciclo, costos operativos y otros indicadores relevantes del proceso de logística inversa del caucho

Pregunta	opciones de respuesta
1. volumen promedio mensual de productos de caucho en logística inversa	- menos de 100 unidades - entre 100 y 500 unidades - entre 500 y 1000 unidades - más de 1000 unidades
2. tiempo promedio de procesamiento de un lote de productos de caucho devueltos	- menos de 1 semana - entre 1 y 2 semanas - entre 2 y 4 semanas - más de 4 semanas
3. porcentaje de productos de caucho devueltos que son reacondicionados	- menos del 25% - entre 25% y 50% - entre 50% y 75% - más del 75%
4. costo promedio de procesar un lote de productos de caucho devueltos	- menos de \$1000 - entre \$1000 y \$5000 - entre \$5000 y \$10000 - más de \$10000

5. porcentaje de costos operativos atribuidos a la logística inversa del caucho	-	menos	del	10%
	-	entre	10%	y 20%
	-	entre	20%	y 30%
	-	más del 30%		
6. nivel de satisfacción de clientes con el proceso actual de logística inversa	-	muy		insatisfechos
	-			insatisfechos
	-			satisfechos
	-	muy satisfechos		
7. porcentaje de productos de caucho devueltos que son desechados	-	menos	del	10%
	-	entre	10%	y 20%
	-	entre	20%	y 30%
	-	más del 30%		
8. tiempo promedio de espera para recibir un producto de caucho reacondicionado	-	menos	de	1 semana
	-	entre	1 y 2	semanas
	-	entre	2 y 4	semanas
	-	más de 4 semanas		
9. nivel de automatización en el proceso actual de logística inversa del caucho	-	muy		bajo
	-			bajo
	-			alto
	-	muy alto		

Fuente elaboración propia (2024).

Con base en los datos recogidos a través del cuestionario (Tabla #4), se puede establecer una visión integral del proceso actual de logística inversa del caucho en el contexto regional estudiado. La mayoría de las organizaciones movilizan entre 100 y 500 unidades de productos de caucho al mes, con un tiempo promedio de procesamiento que oscila entre una y dos semanas. Aunque un porcentaje considerable de productos es reacondicionado entre el 50% y 75% en la mayoría de los casos, todavía persiste un margen significativo de desperdicio que supera el 25% en algunas entidades.

Desde la perspectiva de la hologerencia que integra el pensamiento sistémico, liderazgo distribuido y toma de decisiones colectiva con un enfoque de sostenibilidad, se evidencia que los procesos de logística inversa del caucho aún presentan oportunidades de mejora en cuanto a eficiencia, automatización e integración de los actores. La hologerencia aporta una visión transcompleja que permite articular a todos los actores del sistema desde operarios hasta directivos y entes comunitarios para tomar decisiones con enfoque colaborativo, fortaleciendo la trazabilidad y reduciendo los tiempos de espera y desperdicio.

Un análisis axiológico permite valorar éticamente cada actividad del proceso, estableciendo su contribución al bien común, la sostenibilidad y el desarrollo regional. Por ejemplo:

- La recolección y clasificación de los productos de caucho debe responder a principios de responsabilidad ambiental y compromiso social, evitando prácticas contaminantes.



- El reacondicionamiento debe guiarse por la excelencia técnica y el respeto por el trabajo digno, promoviendo la eficiencia sin perder de vista la calidad humana del trabajador.
- Una gestión del desecho debe basarse en una ética de minimización del impacto ambiental, asegurando que los materiales no reutilizables se dispongan conforme a regulaciones responsables.
- La automatización del proceso implica valorar la innovación no como sustitución de personas, sino como herramienta para mejorar la calidad del trabajo y liberar tiempo para tareas de mayor valor agregado.
- La satisfacción del cliente representa un valor relacional clave, reflejo del compromiso de la empresa con la comunidad, la transparencia y la mejora continua.

Es así como la hologerencia se presenta como un modelo transformador que, al ser aplicado al proceso de logística inversa del caucho, permite una visión ética, sostenible y participativa, impulsando no solo la eficiencia operativa, sino también el desarrollo axiológico de las organizaciones y su entorno. Este enfoque fortalece el vínculo entre lo técnico y lo humano, abriendo nuevas oportunidades para consolidar una economía circular regenerativa.

DISCUSIÓN

En los últimos 10 años, los conceptos y objetivos de la economía circular se han detallado cada vez más y se han convertido en argumentos estratégicos de las políticas internacionales, europeas y nacionales, así lo plantea (Blanco & Paiva, 2014) En su documento denominado Supply chain management in Latin America. Esta recopilación de ideas plantean la incorporación de mejoras en los procesos productivos es por ello que se toma como punta de lanza en esta investigación ya que propone estrategias que van enmarcadas a los objetivos planteados en la pregunta de investigación. Sin embargo, la transición hacia modelos de producción circular continúa viéndose afectada por varias barreras y factores críticos que dificultan la transición. El artículo intenta diseñar una relación entre producción sostenible y producción ajustada, destacando la oportunidad de invertir en logística inversa y cómo el sistema industria 4.0 representa un caldo de cultivo para la aplicación de objetivos de economía circular (Sven-Vegard Buer et al., 2018). El horizonte propuesto en esta actividad pretende las relaciones entre producción sostenible, producción ajustada e Industria 4.0 para evidenciar la necesidad de incorporar una



metodología lean y tecnologías de Industria 4.0 en una perspectiva de desarrollo sostenible para las empresas (Tamer Haddad et al., 2021). Dando continuidad a una visión holística, (Briceño & Ospina, 2024) plantean en su investigación como la incorporación de nuevas formas de trabajo pueden mejorar los resultados de las actividades, esta modalidad se puede transpolar hasta el proceso objeto de estudio y las mejoras esperadas. El análisis cualitativo realizado a partir de entrevistas en profundidad con actores clave del proceso logístico del caucho (gerentes, supervisores, capataces y dueños de empresas recicladoras) permitió identificar patrones significativos relacionados con la ineficiencia en la logística inversa del neumático y la necesidad de una gestión más integrada y estratégica. Las respuestas fueron codificadas y analizadas mediante una aproximación fenomenológica, lo cual permitió captar la esencia de la experiencia de los actores involucrados.

Entre los hallazgos más relevantes, se identificó que el 85% de los participantes percibe una falta de coordinación entre los eslabones de la cadena logística inversa, mientras que un 78% considera que la ausencia de herramientas tecnológicas y prácticas de mejora continua limita la trazabilidad y la eficiencia de los procesos. Asimismo, el 71% de los encuestados manifestó que no existen protocolos estandarizados para el acopio, clasificación y transformación del caucho, lo que genera retrabajos, pérdidas de material y costos operativos elevados. El modelo propuesto de *Hologerencia Integrada con Lean Manufacturing* permitió identificar puntos críticos en el flujo logístico y proponer soluciones a partir de herramientas específicas como el Mapeo de la Cadena de Valor (VSM), la metodología 5S y el Just in Time (JIT), adaptadas al contexto del reciclaje de neumáticos. De este modo, se planteó un modelo gerencial integral con enfoque transcomplejo que articula la eficiencia operativa, la sostenibilidad ambiental y la innovación.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos reafirman que la logística inversa del caucho debe ser gestionada desde un modelo integral que articule eficiencia, sostenibilidad e innovación. La propuesta de un *Modelo Gerencial Integrado* basado en principios de *hologerencia* y *Lean Manufacturing* permite abordar la complejidad del fenómeno desde una lógica transdisciplinaria, donde se reconozca tanto la materialidad del proceso como su dimensión humana, ética y cultural. La alta frecuencia en la falta de indicadores (86%) y trazabilidad (78%) demuestra que el enfoque tradicional de gestión ha sido insuficiente para



afrontar los retos del contexto actual. La aplicación de herramientas Lean como 5S, VSM y JIT no solo permite la optimización de recursos, sino que genera una cultura organizacional orientada a la mejora continua.

Desde una perspectiva epistemológica, la hermenéutica aplicada permitió comprender que más allá de los problemas técnicos, existen narrativas y significados compartidos por los actores, los cuales son indispensables para el rediseño de procesos sostenibles. Esta interpretación gnoseológica fortalece la necesidad de adoptar un enfoque transcomplejo, en el cual converjan la racionalidad instrumental con los valores axiológicos de respeto ambiental y equidad intergeneracional. La propuesta del Modelo Hologerencial con Enfoque Lean ofrece una solución adaptable, práctica y coherente con las necesidades de la región, permitiendo a las empresas transformarse en actores estratégicos de la economía circular. Esta transformación no solo mejora la competitividad, sino que posiciona al sector como motor de innovación y sostenibilidad.

El contenido se centra en la evaluación de residuos en la producción de caucho utilizando herramientas de lean manufacturing. Se identificaron los principales residuos como la sobreproducción, una mala gestión de inventario y defectos en diferentes eslabones de la cadena de valor. Se aplicaron herramientas de recolección de información (encuestas semiestructuradas) bajo un modelo descriptivo de las actividades, el cuestionario exploratorio de las actividades operativas permitió fortalecer el método mixto utilizado para establecer una correcta caracterización de las actividades.

Una vez finalizado el proceso de análisis de los resultados se propone implementar un modelo gerencial que va orientado a la capacitación continua del personal administrativo y operativo de las empresas pertenecientes al ramo objeto de estudio. Esto con el objetivo de fortalecer los conocimientos en las diferentes estrategias que se pueden incorporar al proceso de trabajo, seguidamente se propone la aplicación de la metodología justo a tiempo a todos los eslabones de la cadena de valor, con el propósito de identificar mudas en el proceso y el impacto en cada actividad, las etapas anteriormente explicadas se verán fortalecidas con la aplicación de la metodología Kaizen, la cual persigue el mejoramiento continuo de los procesos y en consecuencia la aplicación de mejoras.



CONCLUSIONES

La presente investigación permitió demostrar que la aplicación de herramientas de *Lean Manufacturing* en el proceso de logística inversa del caucho representa una alternativa viable y necesaria para mejorar la eficiencia operativa, reducir desperdicios y fortalecer la sostenibilidad empresarial en el contexto de Villavicencio, Meta. A partir del enfoque mixto utilizado, se identificaron limitaciones estructurales y de gestión que obstaculizan la implementación de modelos logísticos eficientes, entre las que destacan la ausencia de indicadores de gestión, la baja estandarización de procesos y la deficiente trazabilidad de los productos.

Desde la perspectiva cualitativa, las entrevistas revelaron una escasa cultura organizacional orientada hacia la mejora continua, así como limitaciones en el conocimiento y aplicación de herramientas Lean por parte de los responsables operativos. Por otro lado, los resultados cuantitativos evidenciaron brechas importantes en tiempos, costos e indicadores de desempeño que pueden ser corregidas a través de una gerencia estratégica orientada al uso de herramientas como VSM, Kaizen y control visual.

Se concluye que la integración de un modelo Hologerencial basado en principios Lean permitiría no solo permite optimizar el proceso de recuperación de caucho, sino también transformar las prácticas empresariales hacia un enfoque más sostenible, productivo y competitivo. Además, se resalta la necesidad de articular esfuerzos entre el sector privado, las autoridades gubernamentales y la academia para consolidar una cultura organizacional más comprometida con la innovación y la eficiencia en la gestión de residuos sólidos, alineada con los principios de economía circular.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Afanador Barajas, J. A., & Villalba Cruz, F. M. (2020). *Sistemas logísticos sostenibles en redes de valor* (Primera edición, Vol. 1). Fundación Universitaria Panamericana - Compensar.

<https://repositoriocrai.ucompensar.edu.co/handle/compensar/4940>

Atul Palange, A., & Dhattrak, P. (2021). Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing. *Materials Today: Proceedings*, 46(1), 729-736.

<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.193>



Blanco, D. E. E., & Paiva, D. E. L. (2014). Supply chain management in Latin America. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 44(7).

<https://doi.org/10.1108/IJPDLM-05-2014-0102>

Briceño, L., & Ospina, D. (2024). *Explorando la viabilidad de los drones en las explotaciones agrícolas colombianas*. Ediciones de la U.

https://www.researchgate.net/publication/379111748_Explorando_la_viabilidad_de_los_drones_en_las_explotaciones_agricolas_colombianas_final

Briceño, L., Ospina, D., Barbosa, F., Rodríguez, F., Herrera, O., Díaz, F., Gamboa, D., & Juan, V. (2024). *Libro resultado de investigación. Llevando la agricultura a nuevas alturas*. (primera). Ediciones de U.

https://www.researchgate.net/publication/379111659_Libro_resultado_de_investigacion_Llevando_la_agricultura_a_nuevas_alturas_version_final

Brito, J. (2021). *Uso de caucho de desecho en la elaboración de concreto hidráulico* [Tesis de grado, Autónoma del Estado de Morelos.].
extension://elhekieabhbkmcefcobjddigjcaadp/http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/1444/BIRLDP06T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Carrasco, D., Ponce, D. R., & González, D. F. (2023). Propuesta de aplicación de logística inversa para el mejoramiento del proceso de almacenamiento de la empresa Anguetrans S. A. *Código Científico Revista de Investigación*, 4(E2), 1051-1072.

<https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v4/ne2/194>

Elita, A., Tri Putri, N., & Mitha Anjani, D. (2019). *Waste assessment using lean manufacturing in rubber production*. 9. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/528/1/012051>

Quispe Santivañez, G. W. (2024). La aplicación del Lean Manufacturing, mejora el Lead Time en el Sector Textil: Una Revisión Sistemática: The application of Lean Manufacturing improves Lead Time in the Textile Sector: A Systematic Review. *KANYÚ*, 2(I), 16–33.

<https://doi.org/10.61210/kany.v2i1.61>

Ghaithan, A. M., Mohammed Arshad Khan, Mohammed, A., & Laith A. Hadidi. (2021). Impact of Industry 4.0 and Lean Manufacturing on the Sustainability Performance of Plastic and



Petrochemical Organizations in Saudi Arabia. *Sustainability*, 13(20), 11252.

<https://doi.org/10.3390/su132011252>

Huang, Z., Jowers, C., Kent, D., Dehghan-Manshadi, A., & Dargusch, M. (2022). The implementation of Industry 4.0 in manufacturing: From lean manufacturing to product design. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 17. <https://doi.org/10.1007/s00170-022-09511-7>

Ticona Gregorio, H. I. (2024). Lean Manufacturing y reparación de incidentes en enlaces de telecomunicaciones. *Revista Científica: BIOTECH AND ENGINEERING*, 4(1).

<https://doi.org/10.52248/eb.Vol4Iss1.106>

J. E. Calpa-Oliva, «Validación de un modelo de logística inversa para la recuperación de los RAEE de la ciudad de Cali, basado en el Pensamiento Sistémico usando una simulación con Dinámica de Sistemas», *TecnoL.*, vol. 23, n.º 48, pp. 55–81, may 2020.

<https://doi.org/10.22430/22565337.1418>

Implementación de las herramientas del Lean Manufacturing y sus resultados en diferentes empresas (J. N. MALPARTIDA GUTIÉRREZ & L. E. TARMEÑO BERNUY , Trans.). (2020). *Alpha Centauri*, 1(2), 51-59. <https://doi.org/10.47422/ac.v1i2.12>

Juan de Dios Pando, J., Pariona Huaycuchi, R., Pichardo Flores, F., & Malpartida Gutiérrez, J. N. (2021). Aplicación de Lean Manufacturing en empresas productoras de calzado. *Llamkasun*, 2, 52–77.

<https://doi.org/10.47797/llamkasun.v2i4.65>

Valdiviezo, Krissia, Sara Carrasco, & Rosillo, Kevin. (2021). *Diseño de Pavimento Flexible con Utilización de Caucho Reciclado en Avenida Venezuela, Cuadras 26—59, Distrito José Leonardo Ortiz, Lambayeque – 2021*. [Tesis de grado, César Vallejo].

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/87340>

Spósito, L., & Santos, A. (2020). *Lean 4.0: A New Holistic Approach for the Integration of Lean Manufacturing Tools and Digital Technologies*. 5(5), 851-868.

<https://doi.org/10.33889/ijmems.2020.5.5.066>

Sven-Vegard Buer, Buer, S.-V., Jan Ola Strandhagen, Strandhagen, J. O., Felix T.S. Chan, & Chan, F. T. S. (2018). The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: Mapping current research



and establishing a research agenda. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2924-2940. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1442945>

Tamer Haddad, Basheer W Shaheen & Németh, István. (2021). Improving Overall Equipment Effectiveness (OEE) of Extrusion Machine Using Lean Manufacturing Approach. *MANUFACTURING TECHNOLOGY*, 21(1), 56-64. <https://doi.org/10.21062/mft.2021.006>

Uriarte-Miranda, M.-L., Caballero-Morales, S.-O., Martinez-Flores, J.-L., Cano-Olivos, P., & Akulova, A.-A. (2018). Reverse Logistic Strategy for the Management of Tire Waste in Mexico and Russia: Review and Conceptual Model. *Sustainability*, 10(10), 3398. <https://doi.org/10.3390/su10103398>

