

Integración del enfoque *Lean Green* en la Cadena de Suministros: Una revisión sistemática
de literatura

Autora:

Paula Andrea Duarte Amado

Proyecto de Grado para Optar al Título de Ingeniera Industrial

Director

Ing. Juan Felipe Reyes Rodríguez

Phd. En Management

Universidad Industrial De Santander

Facultad De Ingenierías Físico - Mecánicas

Escuela De Estudios Industriales Y Empresariales

Ingeniería Industrial

Bucaramanga

2024

Contenido

Introducción.....	8
1. Planteamiento del problema.....	12
2. Objetivos.....	16
2.1. Objetivo General.....	16
2.2. Objetivos Específicos.....	16
3. Marco De Referencia.....	16
3.2. Marco Referencial.....	16
3.3. Marco Teórico.....	20
3.3.1. Conceptualización sobre el Lean Manufacturing.....	20
3.3.2. Sostenibilidad como componente del Lean Green.....	21
3.3.4. Lean Green.....	22
3.3.4. Green Supply Chain Management.....	24
3.3.5. Revisión sistemática de literatura.....	25
4. Metodología.....	26
4.1. Tipo de Investigación.....	26
4.2. Método.....	27
4.3. Fases metodológicas.....	28
4.3.1. Objetivo 1. Revisión de Literatura.....	28
4.3.1.1. Análisis Bibliométrico.....	28
4.3.1.2. Identificación las palabras clave.....	30
4.3.1.4. Elaborar la ecuación de búsqueda.....	31
4.3.1.5. Consolidación de Resultados.....	32
4.3.2. Objetivo 2. Descripción de las metodologías más utilizadas.....	33
4.3.2.1. Seleccionar los artículos relevantes.....	33
4.3.3. Objetivo 3. Documentación de los beneficios.....	34
4.3.4. Objetivo 4. Construcción de un Marco de análisis de barreras y desafíos.....	35
4.3.5. Objetivo 5. Adaptación a un artículo de carácter publicable.....	35
5. Resultados.....	36
5.1. Identificación de la bibliografía.....	36
5.1.1. Análisis Bibliométrico.....	36

5.1.2. Análisis de Prototipado y ecuación de búsqueda.....	36
5.1.3. Consolidación bibliométrica.....	41
5.1.3.1. Producción anual.....	41
5.1.3.2. Autores relevantes.....	42
5.1.3.3. Revistas con relevancia en el campo de la investigación.....	43
5.1.3.4. Producción científica por país.....	45
5.1.3.5. Cloud Map palabras clave.....	47
5.1.3.6. Análisis de concurrencia.....	48
5.2. Análisis de la literatura.....	49
5.2.1. Metodologías para la Integración del Enfoque Lean Green en la Cadena de Suministros.....	50
5.2.1.1. Six Sigma Verde.....	50
5.2.1.2. Metodología Kaizen Verde.....	56
5.2.1.3. Metodología 5S.....	61
5.2.1.4. Integración de Economía Circular.....	64
5.2.1.5. Otras metodologías.....	69
5.3. Beneficios de Lean Green en la Sostenibilidad y Eficiencia de la Cadena de Suministros.....	76
5.4. Desafíos y Barreras en la Integración de Lean Green.....	90
6. Conclusiones.....	101
7. Recomendaciones.....	105
8. Referencias bibliográficas.....	107

Lista de Tablas

Tabla 1. Cumplimiento de Objetivos

Tabla 2. Palabras Clave

Tabla 3. Ecuación de búsqueda empleada

Tabla 4. Protocolo de búsqueda exploratoria⁶

Tabla 5. Prototipado de la ecuación de búsqueda⁹

Tabla 6. Base de datos

Tabla 7. Artículos citados

Tabla 8. Artículos utilizados⁶

Tabla 9. Índices KPI's⁴

Tabla 10. Artículos citados Desafíos y Barreras⁰

Tabla 11. Caracterización de barreras por sector industrial

Lista de Figuras

Figura 1. Protocolo de búsqueda exploratoria

Figura 2. Análisis Bibliométrico por producción anual⁰

Figura 3. Análisis Bibliométrico por Autores más relevantes¹

Figura 4. Análisis Bibliométrico de revistas con relevancia en el campo de la investigación³

Figura 5. Análisis Bibliométrico de producción científica por país⁵

Figura 6. Análisis Bibliométrico Cloud Map de palabras clave

Figura 7. Análisis Bibliométrico de concurrencia

Figura 8. Metodología Six Sigma

Figura 9. Herramientas de Metodología Kaizen

Figura 10. Metodología para la integración de la cadena de suministro con enfoque en economía circular

Resumen

Título: Integración del enfoque *Lean Green* en la Cadena de Suministros: Una revisión sistemática de literatura*

Autora: Paula Andrea Duarte Amado**

Palabras Clave: *Lean Manufacturing*, *Green Supply Chain Management*, sostenibilidad, eficiencia operativa, reducción de desperdicios, implementación de *Lean Green*, desafíos, beneficios.

Descripción: Este proyecto tiene como objetivo realizar una revisión sistemática de la literatura sobre la integración del enfoque *Lean Green* en la cadena de suministros, identificando las principales metodologías de implementación, los beneficios derivados y los desafíos enfrentados en su adopción. A través de un análisis exhaustivo de estudios empíricos y conceptuales, el proyecto explora cómo la fusión de las prácticas Lean, centradas en la eficiencia y reducción de desperdicios, y las prácticas Green, enfocadas en la sostenibilidad ambiental, ofrece una solución integral para mejorar el desempeño organizacional. Se abordan las barreras que limitan la adopción de este enfoque, como la resistencia al cambio, los costos iniciales y la falta de personal calificado. Finalmente, se identifican estrategias para superar estos obstáculos y maximizar los beneficios tanto económicos como ambientales en diversas industrias.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Programa de Ingeniería Industrial. Juan Felipe Reyes Rodriguez. PhD en Management.

Abstract

Title: Integration of the *Lean Green* Approach in the Supply Chain: A Systematic Literature Review. *

Author: Paula Andrea Duarte Amado **

Keywords: Lean Manufacturing, Green Supply Chain Management, sustainability, operational efficiency, waste reduction, *Lean Green* implementation, challenges, benefits.

Description:

This project aims to conduct a systematic review of the literature on the integration of the *Lean Green* approach in the supply chain, identifying the main implementation methodologies, the resulting benefits, and the challenges faced during its adoption. Through an exhaustive analysis of empirical and conceptual studies, the project explores how the combination of Lean practices, focused on efficiency and waste reduction, and Green practices, focused on environmental sustainability, offers a comprehensive solution to improve organizational performance. The barriers limiting the adoption of this approach, such as resistance to change, initial costs, and the lack of qualified personnel, are addressed. Finally, strategies are identified to overcome these obstacles and maximize both economic and environmental benefits across various industries.

* Degree Work

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Industrial and Business Studies. Industrial Engineering Program. Juan Felipe Reyes Rodríguez. Doctorate in Management.

Introducción

La creciente necesidad de integrar enfoques sostenibles y eficientes en las cadenas de suministro ha ganado relevancia en los últimos años, impulsada por el interés creciente en minimizar el impacto ambiental de las operaciones industriales. El enfoque *Lean Green* ha surgido como una respuesta efectiva a esta demanda, ya que combina los principios de *Lean Manufacturing*, enfocados en la eliminación de desperdicios y la optimización de procesos, con prácticas sostenibles orientadas a reducir el uso de recursos y mitigar los efectos negativos sobre el medio ambiente; este enfoque se presenta como una solución integral para enfrentar los desafíos actuales en términos de sostenibilidad y eficiencia.

El propósito de este trabajo es realizar una revisión sistemática de la literatura sobre la integración del enfoque *Lean Green* en la cadena de suministro, un tema de gran importancia en el contexto actual, donde la sostenibilidad y la eficiencia son factores clave para la competitividad y supervivencia de las empresas. A pesar de la creciente adopción de estas metodologías en diversas industrias, persisten vacíos en la literatura que impiden una comprensión completa de sus beneficios, desafíos y la efectividad de su implementación. Entre estos vacíos se encuentra la falta de estudios que aborden de manera integral las distintas dimensiones del enfoque *Lean Green*, así como la carencia de investigaciones que exploren su aplicabilidad en diferentes sectores y contextos industriales; además, existe un consenso limitado sobre las métricas más adecuadas para medir los beneficios sostenibles y operativos derivados de su implementación.

Este proyecto de grado surge de la necesidad de recopilar, analizar y sintetizar el conocimiento existente sobre el enfoque *Lean Green*. Aunque ya se han realizado estudios significativos en este campo, como el de Yadav y otros (2022), que destaca la mitigación del impacto ambiental y la optimización operativa, y el de Solano y otros (2020), que demuestra la mejora en la rentabilidad a través de estrategias *Lean Green*, la literatura tiende a centrarse en contextos específicos. No se ha llevado a cabo un análisis integral que explore los desafíos transversales, las barreras comunes y las mejores prácticas aplicables en múltiples industrias; esta falta de una visión amplia representa un vacío literario que este proyecto busca llenar.

El objetivo principal de este trabajo es realizar una revisión sistemática de la literatura sobre la integración del enfoque *Lean Green* en la cadena de suministro, abordando los vacíos existentes mediante un análisis detallado de sus principales metodologías de implementación, beneficios y desafíos. El estudio se centra en identificar los principales obstáculos que enfrentan las organizaciones al implementar estas prácticas, tales como la resistencia al cambio organizacional, los elevados costos iniciales y la falta de métricas estandarizadas para medir los beneficios sostenibles; a través de esta evaluación profunda, se busca proporcionar una base sólida que sirva como guía tanto para futuras investigaciones como para aplicaciones prácticas en diferentes sectores. De esta manera, el desarrollo de un marco conceptual facilitará la adopción, adaptación y mejora continua del enfoque *Lean Green*, contribuyendo así a una gestión más eficiente y sostenible de las cadenas de suministro.

El análisis de la literatura permitirá identificar las metodologías más utilizadas para la integración de *Lean Green*, así como los beneficios que estas prácticas aportan en términos de sostenibilidad y eficiencia operativa. Asimismo, se evaluarán los obstáculos más comunes, como la falta de apoyo gubernamental, la resistencia organizacional y la necesidad de una mayor capacitación del personal para gestionar las nuevas tecnologías vinculadas al enfoque Lean Green, factores clave para su implementación efectiva.

Finalmente, este proyecto está estructurado en varias secciones que guían al lector a través del proceso de investigación. Después de una revisión de la literatura que establece las bases teóricas del estudio, se presenta el planteamiento del problema y se describen los objetivos del proyecto. A continuación, se incluye un marco teórico que ofrece un análisis profundo del Lean Green en la cadena de suministros, seguido de la metodología utilizada para la revisión sistemática, la cual abarca desde la identificación de fuentes clave hasta la construcción de un marco de análisis. Posteriormente, se realiza la presentación de los resultados obtenidos mediante el análisis bibliométrico y sus respectivos estudios decantados, permitiendo la identificación de las metodologías principales, beneficios, brechas y desafíos de la integración de un enfoque *Lean Green* en las diversas industrias. Para finalizar, se plantean las conclusiones a partir de la información procesada, permitiendo sintetizar los hallazgos más relevantes que justifican y brindan un soporte más sólido para implementar estudios que fomenten el desarrollo industrial con mitigación del impacto ambiental.

Tabla 1.***Cumplimiento de Objetivos***

Objetivo	Cumplimiento
Identificar la bibliografía relacionada con la integración del enfoque <i>Lean Green</i> en la cadena de suministros.	Capítulo 5.1
Describir las metodologías más utilizadas para la integración del enfoque <i>Lean Green</i> en la cadena de suministros.	Capítulo 5.2
Documentar los beneficios de la implementación de <i>Lean Green</i> en la sostenibilidad y eficiencia de la cadena de suministros.	Capítulo 5.3
Analizar los desafíos y barreras comunes en la integración de <i>Lean Green</i> en diversas industrias.	Capítulo 5.4
Elaborar un artículo de carácter publicable donde se documenten los resultados obtenidos en la investigación.	Apéndice J

1. Planteamiento del problema

En los últimos años, la sostenibilidad y la eficiencia en la gestión de la cadena de suministro han cobrado una relevancia sin precedentes debido a la creciente presión para reducir el impacto ambiental de las operaciones industriales. Según el World Economic Forum (2021), las cadenas de suministro son responsables de más del 80% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, lo que subraya la urgencia de implementar prácticas sostenibles en este ámbito. En este contexto, la integración de enfoques como *Lean Green* en la cadena de suministro se presenta como una solución efectiva, ya que no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también contribuye de manera significativa a la sostenibilidad ambiental. Sin embargo, a pesar del creciente interés en la implementación de estas prácticas, su adopción efectiva enfrenta múltiples desafíos.

A nivel global, la adopción de *Lean Green* muestra grandes disparidades regionales. Un estudio realizado por Dini y Stumpo (2019) en América Latina reveló que solo el 20% de las empresas en esta región han implementado prácticas sostenibles en sus cadenas de suministro, una cifra que contrasta fuertemente con el 60% observado en Europa y América del Norte. Esta diferencia pone de manifiesto una brecha significativa en la adopción de prácticas *Lean Green*, posiblemente relacionada con la falta de conocimiento, recursos limitados o la ausencia de políticas gubernamentales que promuevan la sostenibilidad en la industria. Estos factores, además, complican la adopción de metodologías *Lean Green* en las cadenas de suministro, especialmente en regiones menos industrializadas.

El impacto positivo de la integración *Lean Green* en términos de eficiencia ha sido ampliamente documentado en estudios recientes. Por ejemplo, un análisis realizado por Gosalvitr y otros. (2024) mostró que las empresas que adoptaron prácticas *Lean Green* lograron una reducción del 25% en sus costos operativos y un incremento del 15% en la eficiencia energética en un período de dos años. Estos resultados destacan el potencial de estas metodologías no solo para mejorar la competitividad empresarial, sino también para fomentar la responsabilidad ambiental. No obstante, persisten desafíos importantes que obstaculizan su adopción generalizada.

Entre los principales obstáculos identificados, Mohan y otros. (2024) señalan la resistencia al cambio organizacional, la falta de capacitación especializada y las altas inversiones iniciales necesarias para adaptar tecnologías y procesos. Estos elementos demuestran que, a pesar de los beneficios claros de *Lean Green*, las organizaciones enfrentan barreras estructurales significativas que dificultan su implementación efectiva. Esta situación subraya la necesidad de una planificación estratégica más sólida y de un marco claro que guíe a las empresas en su transición hacia prácticas sostenibles, especialmente en cadenas de suministro complejas y globalizadas.

Dado este panorama, una revisión sistemática de la literatura se vuelve crucial para abordar estos desafíos, ya que permitirá identificar y analizar las metodologías más efectivas para la adopción de *Lean Green*. Al revisar los enfoques exitosos en diversos sectores, esta investigación no solo llenará los vacíos existentes en la literatura, sino que también proporcionará soluciones prácticas y aplicables que ayuden a superar las barreras actuales. Además, este estudio ofrecerá un análisis comparativo de las estrategias utilizadas

por organizaciones que han logrado superar la resistencia al cambio, brindando ejemplos prácticos que otras empresas podrán seguir.

La relevancia práctica de esta revisión radica en su capacidad para proporcionar un marco de referencia útil tanto para investigadores como para profesionales involucrados en la implementación de *Lean Green*. Al ofrecer una comprensión más profunda de los beneficios, desafíos y enfoques metodológicos, este proyecto contribuirá a la formulación de políticas organizacionales más efectivas, facilitando la adaptación de *Lean Green* en diversos contextos industriales. En última instancia, esta revisión impulsará un cambio positivo en la adopción de prácticas sostenibles, favoreciendo el desarrollo de cadenas de suministro más eficientes y respetuosas con el medio ambiente.

Por lo tanto, existe una necesidad imperiosa de realizar una revisión sistemática que no solo identifique las metodologías más efectivas para integrar *Lean Green* en la cadena de suministro, sino que también documente los beneficios y desafíos asociados con su implementación. Esta revisión contribuirá a llenar los vacíos en el conocimiento actual, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas que impulsen la sostenibilidad y eficiencia en la industria global.

La creciente demanda por prácticas sostenibles y eficientes en las cadenas de suministro, tanto por parte de los consumidores como de las regulaciones gubernamentales, hace que la implementación de *Lean Green* sea una prioridad estratégica para las empresas. Según la International Energy Agency (2022), el 40% de las empresas globales han revisado sus cadenas de suministro para incorporar prácticas sostenibles debido a políticas ambientales más estrictas. Asimismo, los consumidores también juegan un papel fundamental, como lo demuestra el estudio de Abinashdash y Abinashdash (2022), que

indica que el 73% de los consumidores están dispuestos a modificar sus hábitos de compra para reducir su impacto ambiental. Este contexto de creciente presión externa resalta la importancia de una revisión sistemática que aporte una comprensión integral de cómo las empresas pueden superar los desafíos relacionados con *Lean Green* y, al mismo tiempo, maximizar la eficiencia operativa y la sostenibilidad.

Teniendo en cuenta lo anterior, este proyecto aborda una oportunidad crucial para investigar y analizar el enfoque *Lean Green* y su integración en las cadenas de suministro. Por consiguiente, la revisión sistemática de la literatura permitirá identificar las metodologías más efectivas, así como los beneficios, brechas y desafíos asociados, contribuyendo de manera significativa a la sostenibilidad y eficiencia global de la industria. Como respuesta a la pregunta principal de la investigación, ¿Cuáles son las metodologías más utilizadas para la implementación de *Lean Green* en la cadena de suministros y cuáles son los beneficios y desafíos documentados en la literatura recolectada? Este estudio tiene como objetivo proporcionar una guía detallada y aplicable tanto para académicos como para profesionales e industrias que le apuestan a la mitigación del impacto ambiental a través de la innovación.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Realizar una revisión sistemática de la literatura sobre la integración del enfoque *Lean Green* en la cadena de suministros, identificando sus principales metodologías de implementación, beneficios, y desafíos.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar la bibliografía relacionada con la integración del enfoque *Lean Green* en la cadena de suministros.
- Describir las metodologías más utilizadas para la integración del enfoque *Lean Green* en la cadena de suministros.
- Documentar los beneficios de la implementación de *Lean Green* en la sostenibilidad y eficiencia de la cadena de suministros.
- Analizar los desafíos y barreras comunes en la integración de *Lean Green* en diversas industrias.
- Elaborar un artículo de carácter publicable donde se documenten los resultados obtenidos en la investigación.

3. Marco De Referencia

3.2. Marco Referencial

Un estudio cualitativo reciente realizado por Zhang y otros. (2021) en China evaluó la implementación de *Lean Green* en la cadena de suministro de una empresa manufacturera. A través de entrevistas a profundidad y análisis documental, los autores destacaron que la combinación de Lean y Green permitió reducir significativamente los

desperdicios y aumentar la eficiencia energética. Sin embargo, identificaron que uno de los desafíos más críticos fue la resistencia al cambio cultural dentro de la organización, lo que dificultó la implementación completa del enfoque *Lean Green*. Este caso resalta la importancia de abordar factores culturales y de gestión del cambio como componentes clave en la implementación exitosa de este enfoque.

Por otro lado, en India, Malik y otros. (2022) realizaron una revisión sistemática que abordó la implementación de *Lean Green* en pequeñas y medianas empresas. Este estudio utilizó tanto metodologías cualitativas como cuantitativas para analizar los impactos del enfoque *Lean Green* en el tiempo de producción y el uso eficiente de los recursos. Los autores encontraron que las metodologías más efectivas eran aquellas que combinaban enfoques participativos, en los que los empleados estaban directamente involucrados en la implementación, junto con el uso de tecnologías de la información para optimizar los procesos. Además, se concluyó que estas metodologías mejoraron la colaboración interna y promovieron una mayor responsabilidad ambiental.

En el Reino Unido, el estudio de Kumar y Singh (2023) se centró en una revisión literaria exhaustiva sobre las metodologías utilizadas en la integración de *Lean Green* en las cadenas de suministro. Este trabajo destacó la importancia de la inteligencia artificial (IA) y el *big data* como herramientas clave para optimizar los procesos *Lean Green*. Además, los autores concluyeron que el uso de estas tecnologías facilitó mejoras en la eficiencia operativa y en la toma de decisiones basada en datos, lo que resultó en una mayor reducción de desperdicios y un uso más sostenible de los recursos. Esto pone de relieve el papel crucial que juega la tecnología avanzada en la implementación efectiva de *Lean Green*.

En Europa, Martínez y otros (2020) realizaron un estudio en España que utilizó una metodología cuantitativa para analizar los impactos de *Lean Green* en el sector tecnológico. A través de encuestas y análisis de datos, los autores encontraron que las empresas que implementaron *Lean Green* lograron reducir su huella de carbono en un 20% y mejorar la eficiencia operativa en un 15%. Este estudio evidenció que las empresas tecnológicas que integraban enfoques *Lean Green* no solo optimizaban sus procesos, sino que también se beneficiaban de una mayor competitividad en el mercado debido a sus prácticas sostenibles. Esto demuestra que, en sectores tecnológicos avanzados, la adopción de *Lean Green* puede ofrecer ventajas tanto económicas como ambientales.

En Canadá, Johnson y otros (2022) llevaron a cabo una revisión sistemática en el sector de la construcción, enfocándose en la integración de *Lean Green*. Este estudio identificó que la adopción de tecnologías verdes, en combinación con metodologías Lean, resultó en mejoras significativas en la eficiencia energética y una reducción de residuos de construcción. Sin embargo, los autores también señalaron que la falta de infraestructura tecnológica en este sector representaba una barrera importante para la implementación masiva de *Lean Green*. Este estudio subraya la importancia de contar con una infraestructura tecnológica adecuada para maximizar los beneficios de este enfoque en sectores intensivos en recursos.

En Latinoamérica, Silva y otros (2021) realizaron un estudio cualitativo en Brasil para analizar los desafíos de implementar *Lean Green* en el sector automotriz. Utilizando entrevistas y análisis de casos, los autores encontraron que, aunque las empresas percibían los beneficios de la sostenibilidad, la resistencia organizacional y la falta de capacitación eran barreras clave para una adopción más amplia del enfoque *Lean Green*. A pesar de

estos desafíos, los beneficios a largo plazo incluyeron la reducción de residuos y la mejora en la reputación corporativa, particularmente en mercados internacionales. Este estudio pone de manifiesto la importancia de superar las barreras internas para la adopción exitosa de *Lean Green* en sectores industriales.

En México, Hernández y otros (2022) investigaron cómo las empresas del sector energético estaban adoptando el enfoque *Lean Green* para gestionar sus procesos de residuos. Utilizando una metodología cualitativa que incluyó entrevistas con gerentes de planta y revisión de informes internos, el estudio reveló que, aunque la implementación inicial de *Lean Green* resultó costosa, los beneficios a largo plazo en términos de reducción de costos operativos y mejora de la imagen corporativa fueron notables. Además, este estudio destacó la importancia de contar con un liderazgo comprometido para superar los desafíos iniciales y garantizar el éxito del enfoque *Lean Green* a largo plazo.

En Chile, Ramírez y López (2023) llevaron a cabo una revisión literaria sobre la implementación de *Lean Green* en la industria minera. Este estudio encontró que, aunque las metodologías Lean habían sido adoptadas con éxito en varios sectores, la integración de prácticas verdes aún presentaba desafíos importantes. La resistencia organizacional y la falta de incentivos económicos para adoptar prácticas sostenibles fueron identificados como barreras significativas. No obstante, el estudio subrayó que las empresas que lograron implementar *Lean Green* experimentaron mejoras en su sostenibilidad operativa y en la percepción del público, especialmente en sectores extractivos como la minería.

En Argentina, Paredes y otros (2024) realizaron un estudio cuantitativo que evaluó la efectividad de *Lean Green* en el sector de alimentos. Utilizando modelos estadísticos, los autores midieron el impacto de la implementación de *Lean Green* en la reducción de

desechos y la mejora de la sostenibilidad en la producción alimentaria. Los resultados mostraron que las empresas que adoptaron *Lean Green* lograron una reducción del 30% en los costos operativos, lo que subraya la viabilidad económica de este enfoque en la industria alimentaria. Este caso pone de relieve cómo *Lean Green* puede contribuir a la eficiencia operativa y la rentabilidad, incluso en sectores altamente competitivos.

Culminando con Colombia, González y Pérez (2020) investigaron la integración de *Lean Green* en la cadena de suministro de empresas del sector agrícola. Utilizando un enfoque mixto que combinó entrevistas con análisis de datos, los autores concluyeron que, aunque la implementación de *Lean Green* en este sector resultaba beneficiosa para mejorar la sostenibilidad, las barreras tecnológicas y financieras limitaban su adopción a gran escala. El estudio resaltó la necesidad de una mayor inversión en tecnología y capacitación para facilitar la integración efectiva de *Lean Green* en las empresas agrícolas colombianas, y destacó el potencial que este enfoque tiene para transformar el sector agrícola hacia modelos más sostenibles.

3.3. Marco Teórico

3.3.1. Conceptualización sobre el *Lean Manufacturing*

Acorde a Naeemah y Wong (2023) el *Lean Manufacturing* comprende todas aquellas estrategias orientadas a la eliminación de desperdicios, primando la reducción de recursos de producción e incrementando la eficiencia y calidad del producto terminado. Algunos de los elementos esenciales de control pueden ser los tiempos de espera, el inventario, movimientos y métodos, etc. En su estudio de análisis literario sugiere que el concepto Lean por sí solo no está relacionado con los términos “verde” o “limpio”,

evidenciando una necesidad de complementación con otras áreas del conocimiento que fortalezcan los principios del *Lean Green Supply Chain*.

Por otro lado, según Fiorello y otros (2023), la integración de prácticas verdes dentro del *Lean Manufacturing*, conocida como *Lean Green*, busca no solo la eficiencia operativa, sino también la sostenibilidad ambiental. Este enfoque se centra en la reducción de residuos tanto en términos de recursos materiales como en emisiones contaminantes, alineándose con los objetivos más amplios de sostenibilidad corporativa. Argumentan que la fusión de Lean con principios verdes es crucial para que las empresas puedan enfrentar las crecientes presiones regulatorias y sociales en cuanto a su impacto ambiental.

3.3.2 Sostenibilidad como componente del *Lean Green*

La sostenibilidad se posiciona como un tema emergente y transversal dentro de las disciplinas existente, las cadenas de suministro y el *Lean Green* no son la excepción. Diversos autores respaldan en vínculo estrecho entre estos dos componentes, Kosasih y otros (2023) plantea la necesidad de adoptar un triple resultado a nivel estratégico para garantizar sostenibilidad, es decir, incorporar un componente económico, social y ambiental. Dicho enfoque, resulta de una necesidad de desarrollo en términos de incremento de la competitividad, innovación y adaptabilidad de una nueva cultura organizacional y como respuesta a una prevención de infligir en daños ambientales y acoger las regulaciones de forma integral, incorporando la filosofía Lean como un camino para lograr las prácticas “Green”.

Das (2019) ejecutó un proyecto en el cual, los hallazgos direccionan a un éxito rotundo en la implementación de las estrategias *Lean Green* en aspectos como la disminución de desperdicios de los procesos productivos cafeteros, pero con un modelo

adaptable a los diferentes entornos agrícolas. Como consecuencia, se logró la identificación de las potenciales soluciones a partir de un modelo matemático multiobjetivo, considerando la huella de CO₂ y agua, número de empleados y costos, justificando la viabilidad y la necesidad de instauración de prácticas *Lean Green*.

Adicionalmente, según Hebaz y otros (2022), la implementación de *Lean Green* no solo genera beneficios operativos y económicos, sino que también contribuye significativamente a la reputación corporativa. Las empresas que adoptan esta estrategia pueden mejorar su imagen pública al alinearse con las crecientes expectativas de sostenibilidad y responsabilidad ambiental por parte de los consumidores y otros grupos de interés. Este fortalecimiento de la reputación corporativa no solo puede atraer a clientes más conscientes del medio ambiente, sino también como un aporte a los tres componentes de la sostenibilidad (Economía, personas y ambiente).

Por otra parte, Kainuma y Tawara (2020) enfatizan que *Lean Green* también promueve la innovación continua en la cadena de suministro. Al enfocarse en la eliminación de desperdicios y la optimización de recursos, las empresas se ven impulsadas a desarrollar nuevas tecnologías y procesos que no solo mejoran la eficiencia, sino que también reducen el impacto ambiental. Esta orientación hacia la innovación no solo incrementa la competitividad de la empresa, sino que también permite que se adapten mejor a los cambios regulatorios y de mercado, asegurando una ventaja competitiva sostenible.

3.3.4 *Lean Green*

Dentro del marco de la teoría integrada del Lean con enfoque Green, Thekkootte (2022) aporta un concepto *Lean Green* como una mezcla compatible entre los principios de

una producción más eficiente con la sostenibilidad. El artículo enfatiza en el sector agrícola como una fuente primaria de procesos adaptados a la reducción de desperdicios, mitigación del impacto ambiental y eficiencia en las operaciones agrícolas inherentes a las *Supply Chain* de estos contextos.

Otros expertos como Çankaya y Sezen (2019) aporta un punto de vista del *Lean Green* como un conjunto de acciones dentro de un proceso productivo y logístico enfocadas a prácticas de eliminación de todos aquellos factores que no generen un valor agregado a un producto final, pero generan un costo, siempre alineados a iniciativas ambientalmente conscientes. Adicionalmente, delimita el *Lean Green* como un conjunto de prácticas basados en los principios del *Lean Manufacturing*, siendo consolidado como una mezcla integral de prácticas, herramientas y metodologías que impactan positivamente con el entorno ambiental.

Bajo este orden de ideas, una estrategia *Lean Green* es un agente principal en la búsqueda del cumplimiento de un objetivo orientado hacia la cultura organizacional enfocada a la calidad operativa y la mejora continua, donde cada uno de los clientes internos se concienticen sobre las metas comunes para encaminar las actividades bajo su capacidad. Se define, además, como un mecanismo de prevención de errores, sus costos de calidad son proyectados a prevención, más que a la corrección con base a los datos o la información recopilada de cada uno de los factores de medición cuantitativos que garantizan el control de indicadores favorables dentro de la *Supply Chain*.

En términos de sostenibilidad, Sehgal y otros. (2022) resalta la necesidad crítica sobre su implementación en la industria agrícola para garantizar beneficios operativos y financieros. Dentro de la dinámica del mercado, es importante poseer herramientas que

permitan responder a fluctuaciones marcadas mediante estrategias que eviten la afectación de recursos dentro de las organizaciones.

Uno de los temas emergentes dentro de la cultura organizacional es la implementación de prácticas *Lean Green*, sin embargo, parte de todo este conjunto de actividades subyace un tema relevante en el proceso sostenible, el cual, radica en las prácticas y procesamiento de alimentos con el apoyo tecnológico. La tecnología progresivamente se encarga de mitigar las barreras dentro de la cadena agrícola con el enfoque de minimización de pérdidas o el desperdicio de alimentos, enfocado a una economía circular y procesos de transformación que generan ingresos secundarios.

Aylín y otros. (2022) sustenta la importancia de la sostenibilidad en cadenas de suministro agrícolas, direccionando los resultados a rendimiento operativo y empresarial, respaldando intereses de competitividad al aumentar la eficiencia de los recursos, destacando la visión externa y su preferencia por organizaciones comprometidos con la responsabilidad social y ambiental.

3.3.4 *Green Supply Chain Management*

Kovilage (2020) en su artículo orientado a gestión de cadenas de suministro Green enuncia un punto de vista enfocado a las *Supply Chain Green* como un conglomerado de estrategias o técnicas adoptadas por las industrias para disminuir indicadores de impacto medio ambiental. Algunas de las estrategias estandarizadas comprenden:

- Selección de proveedores bajo criterios de cumplimientos de estándares amigables con el medio ambiente.

- Realización de un ruteo eficiente y alternativas de transporte de menor impacto para mitigar las emisiones de dióxido de carbono.
- Establecimiento de medidas de tratamiento de residuos dentro de la organización a modo de concientización sobre el manejo de desechos y la manera en la que se pueden generar alternativas de reutilización.
- Diseño de productos y empaques sostenibles mediante la aplicación de tecnologías ecológicas y promoviendo el desarrollo académico de innovación circular.

Abdallah y Al-Ghwayeen (2019) obtuvo hallazgos importantes frente a la gestión de la cadena de suministro verde, teniendo como primer punto la no correlación entre el desempeño empresarial con la gestión de la misma, es decir, por sí sola, la *Green Supply Chain* no mejora directamente el correcto desarrollo de las prácticas, esto lleva a la formulación de una teoría sobre la necesidad de concientización y la adecuación de la planta y maquinaria propicia que garanticen la ejecución de los planes de mejora. Como segundo punto, enuncia el incremento de la eficiencia operativa, sugiere, además, que implementar procesos y tratamiento de recursos restantes puede contribuir a la economía circular y generar ingresos adicionales para la organización.

3.3.5. Revisión sistemática de literatura

Una revisión sistemática de literatura es un método de investigación que recopila y evalúa de manera exhaustiva toda la evidencia existente sobre un tema específico; además, utiliza una metodología estructurada y reproducible. Por consiguiente, a diferencia de las revisiones narrativas, que pueden ser subjetivas, las revisiones sistemáticas siguen un protocolo riguroso que incluye la formulación de preguntas de investigación bien definidas, la aplicación de criterios de inclusión y exclusión de estudios, y la búsqueda exhaustiva en

diversas bases de datos académicas para identificar estudios relevantes (Page y otros, 2021).

El proceso de una revisión sistemática implica la evaluación crítica de la calidad de los estudios seleccionados; posteriormente, se extraen los datos clave, que luego se sintetizan cualitativa o cuantitativamente. Según Munn y otros (2018), esta síntesis puede adoptar la forma de un metaanálisis, en el cual los resultados de estudios similares se combinan estadísticamente para proporcionar una estimación más precisa de los efectos investigados. Este enfoque estructurado minimiza los sesgos y permite a los investigadores obtener una visión clara y confiable del estado actual del conocimiento en un campo particular.

Por lo tanto, las revisiones sistemáticas son particularmente valiosas en contextos académicos y clínicos, ya que proporcionan una base sólida para la toma de decisiones informadas; además, identifican las lagunas en la investigación existente y sugieren nuevas áreas de estudio. Asimismo, la transparencia y reproducibilidad de los métodos empleados aumentan la credibilidad de los hallazgos, lo que las convierte en una herramienta esencial para avanzar en la ciencia y mejorar las prácticas profesionales (Pollock y otros, 2020).

4. Metodología

4.1 Tipo de Investigación

El enfoque seleccionado para esta investigación es cualitativo. Según Hernández (2018), la investigación cualitativa es un método que se centra en comprender y explorar fenómenos sociales y humanos. Esto se obtiene a través de la recolección y análisis de datos que no son numéricos, tales como entrevistas, observaciones y análisis de contenido.

Este tipo de investigación se enfoca en captar las experiencias, percepciones y significados subjetivos de los participantes, así como en reflejar la complejidad y riqueza de los contextos sociales en los que estos fenómenos ocurren.

Falcón y otros (2023) destacan que las principales características de la investigación cualitativa incluyen la flexibilidad en el diseño y ejecución del estudio, la profundidad en la exploración de temas específicos, la interpretación contextualizada de los datos, y la relevancia de la subjetividad e intersubjetividad en la construcción del conocimiento. Este enfoque permite una captura detallada y diversa de las experiencias humanas, facilitando la generación de teorías y la comprensión holística de los procesos sociales.

Por otro lado, Luza y otros (2023) señala que entre las ventajas de la investigación cualitativa se encuentran su capacidad para ofrecer información valiosa y detallada sobre fenómenos complejos y contextuales, la posibilidad de explorar diversas perspectivas subjetivas, y la flexibilidad para adaptarse a cambios y nuevos descubrimientos durante el proceso de investigación. Además, este enfoque es útil para generar hipótesis y teorías que pueden ser investigadas más adelante mediante estudios cuantitativos.

4.2 Método

El presente proyecto de investigación se desarrollará a partir de una metodología de revisión sistemática de la literatura. Por consiguiente, esta metodología implica una búsqueda de selección y análisis exhaustivo de la literatura existente sobre la integración de los enfoques *Lean Green* en las cadenas de suministro. Según García-Peñalvo (2022), las revisiones sistemáticas se distinguen por seguir un enfoque meticuloso y estructurado que busca responder a una pregunta de investigación específica, lo que incluye la definición de

criterios claros de inclusión y exclusión, la búsqueda exhaustiva en diversas fuentes, la extracción sistemática de datos y la evaluación crítica de la calidad de los estudios seleccionados.

4.3 Fases metodológicas

La investigación se desarrolló a través de varias fases metodológicas alineadas con los objetivos planteados. En la primera fase, se identificó y revisó la bibliografía relacionada con la integración del enfoque *Lean Green* en la cadena de suministros, seleccionando estudios clave que ofrecieran un marco teórico y práctico sobre el tema. En la segunda fase, se describieron y analizaron las metodologías más utilizadas para la integración de *Lean Green*, evaluando su efectividad en distintos sectores industriales. Posteriormente, en la tercera fase, se documentaron los beneficios que la implementación de *Lean Green* ha aportado a la sostenibilidad y eficiencia de las cadenas de suministro, considerando los impactos positivos en la reducción de residuos y optimización de recursos. Finalmente, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de los desafíos y barreras comunes en la adopción de *Lean Green*, identificando aspectos como la resistencia al cambio y las limitaciones tecnológicas que dificultan su implementación efectiva en diversas industrias.

4.3.1. Objetivo 1. Revisión de Literatura

4.3.1.1. Análisis Bibliométrico

Para cumplir con el primer objetivo de la investigación, se realizó una revisión exhaustiva de la literatura disponible sobre la integración del enfoque *Lean Green* en la cadena de suministros. Este proceso incluyó un análisis bibliométrico en el que se

evaluaron diversas bases de datos académicas, como *Scopus* y *Web of Science*, para identificar estudios relevantes sobre el tema. Se utilizaron ecuaciones de búsqueda diseñadas con operadores booleanos, las cuales permitieron refinar los resultados y asegurar que los estudios seleccionados se alinearan con los criterios de inclusión establecidos.

El análisis bibliométrico se centró en tres aspectos clave:

- Número total de artículos encontrados.
- Número de artículos relacionados con la temática.
- Número de artículos que cumplieron con los criterios de inclusión.

A continuación, se presentan los criterios de inclusión y exclusión utilizados en el proceso de selección bibliográfica:

Criterios de inclusión:

- Investigaciones que examinen la integración del enfoque *Lean Green* en la cadena de suministros.
- Estudios que describan metodologías de implementación del enfoque en diferentes industrias.
- Artículos que documenten los beneficios de la implementación de *Lean Green* en la gestión de la cadena de suministros.
- Estudios publicados en los últimos 5 años para garantizar la actualidad de la información.
- Publicaciones en inglés, español o portugués.

Criterios de exclusión:

- Estudios que no se enfoquen directamente en la integración del enfoque *Lean Green*.
- Investigaciones que no describan metodologías de implementación.
- Estudios que no consideren los beneficios de *Lean Green* o su impacto en la eficiencia y sostenibilidad.
- Publicaciones no disponibles en inglés, español o portugués.
- Estudios publicados hace más de 5 años.

4.3.1.2. Identificación las palabras clave

Una vez establecido el problema de investigación y definidos los objetivos del proyecto, se llevó a cabo un análisis exhaustivo para seleccionar los términos más relevantes y representativos sobre la temática de la integración del enfoque *Lean Green* en la cadena de suministros. Estas palabras clave incluyeron conceptos relacionados con sostenibilidad, eficiencia operativa, y metodologías *Lean Green*, lo que permitirá realizar una búsqueda precisa y enfocada.

Tabla 2.

Palabras clave

Concepto	Palabras clave
Integración de <i>Lean Green</i>	<i>Lean Green, Green Manufacturing, Lean Supply Chain, Lean Practices, Green Operations, Eco-efficiency, Green Practices, Sustainable Lean Production</i>
Metodologías para la integración	<i>Implementation Methodologies, Process Optimization, Continuous Improvement, Resource Management, Environmental Management Systems, Green Supply Chain Management</i>
Beneficios de <i>Lean Green</i>	<i>Operational Efficiency, Waste Reduction, Resource Optimization, Sustainability Benefits, Energy Efficiency, Environmental Performance, Green Logistics</i>
Desafíos y barreras	<i>Implementation Barriers, Industry Challenges, Organizational Resistance, Sustainability Obstacles, Operational Constraints,</i>

	<i>Regulatory Compliance</i>
Publicaciones científicas	<i>Scientific Articles, Case Studies, Literature Reviews, Academic Publications, Peer-reviewed Journals, Research Outcomes</i>

4.3.1.3. *Filtrado de Bases de Datos*

Este apartado se centró en la selección y filtrado de bases de datos científicas y académicas para garantizar la calidad y pertinencia de los estudios encontrados. Entre las principales bases de datos utilizadas se encuentran Scopus y Web of Science, además de repositorios institucionales y metabuscadores que permiten un acceso más amplio a investigaciones recientes. Para realizar un análisis completo y comprensivo, se priorizó el uso de bases de datos con alto índice de impacto y acceso a estudios revisados por pares.

4.3.1.4. *Elaborar la ecuación de búsqueda*

En esta fase, se construyó una ecuación de búsqueda utilizando operadores booleanos para refinar los resultados obtenidos en las bases de datos seleccionadas. La ecuación se diseñó de manera que se incluyeran términos que se alinearan directamente con los objetivos de la investigación, facilitando así la identificación de estudios relevantes sobre la implementación del enfoque *Lean Green* en diversas industrias.

La ecuación de búsqueda incluyó términos como:

Tabla 3.

Ecuaciones de búsqueda empleadas

Ver Apéndice A.

Con la ecuación establecida, se garantizó que solo los estudios más pertinentes fueran seleccionados para el análisis bibliométrico.

4.3.1.5. Consolidación de Resultados

Después del análisis bibliométrico, los resultados se organizaron en varias categorías que facilitaron la interpretación de la literatura seleccionada. Estas categorías incluyeron:

- **Producción Anual:** Se identificaron las tendencias de publicación en relación con *Lean Green*, determinando los años con mayor número de publicaciones.
- **Autores Relevantes:** Se destacaron los investigadores más influyentes en el campo, según el número de publicaciones y su impacto en la comunidad científica.
- **Revistas Relevantes:** Se identificaron las principales revistas académicas que publican sobre la temática de *Lean Green* en la cadena de suministros.
- **Producción por País:** Se analizó la contribución de distintos países en términos de producción científica relacionada con *Lean Green*.
- **Cloud Map de Palabras Clave:** Se generó un mapa de palabras clave, lo que permitió identificar los temas más abordados en los estudios revisados.
- **Análisis de Concurrencia:** Se llevó a cabo un análisis de concurrencia que mostró la relación entre los principales conceptos, como sostenibilidad, eficiencia operativa, y metodologías *Lean Green*.

Este proceso proporcionó una base sólida para avanzar en el análisis de los beneficios, metodologías y desafíos de la integración del enfoque *Lean Green* en la cadena de suministros, facilitando el desarrollo de las siguientes fases de la investigación.

4.3.2. Objetivo 2. Descripción de las metodologías más utilizadas

4.3.2.1. Seleccionar los artículos relevantes

En esta fase, se llevó a cabo un análisis exhaustivo del material seleccionado que cumplía con los criterios establecidos para la revisión sistemática. Este análisis fue crucial para la construcción del documento final y se desarrolló considerando varios aspectos clave.

En primer lugar, se procedió a seleccionar y analizar los estudios que abordaban de manera específica la integración del enfoque *Lean Green* en la cadena de suministros, asegurando que estuvieran alineados con los objetivos de esta investigación. Este proceso incluyó la identificación de la bibliografía relacionada con la integración del enfoque *Lean Green* y la evaluación de la calidad de los estudios seleccionados. Se consideraron elementos como el diseño de la investigación, la representatividad de la muestra, los instrumentos de medición empleados, y la validez y fiabilidad de los resultados obtenidos. De esta manera, se incluyeron únicamente estudios con metodologías bien fundamentadas.

Posteriormente, se identificaron y compararon los hallazgos de los estudios revisados, con un enfoque particular en la identificación de las metodologías más utilizadas para la integración del enfoque *Lean Green* en la cadena de suministros. Además, se prestó especial atención a los beneficios documentados de dicha implementación, tanto en términos de sostenibilidad como de eficiencia en las cadenas de suministro. Este análisis permitió destacar las metodologías más efectivas y sus impactos positivos.

Durante el análisis, también se examinaron las conclusiones de los estudios seleccionados, resaltando las principales tendencias en la integración del enfoque *Lean*

Green. En este contexto, se identificaron y discutieron los desafíos y barreras comunes que diversas industrias enfrentaban al intentar implementar este enfoque. Este análisis resultó fundamental para proporcionar recomendaciones dirigidas a futuras investigaciones en este campo, abordando los obstáculos más significativos.

4.3.3. Objetivo 3. Documentación de los beneficios

En esta etapa, se documentaron los aportes y conclusiones obtenidos a partir del análisis bibliométrico. El objetivo principal fue identificar, clasificar y tratar la información relevante, lo que permitió generar un contenido sólido y un punto de vista robusto sobre los factores clave requeridos. A lo largo del proceso, se identificaron y analizaron diversas teorías, enfoques y metodologías implementadas en los estudios revisados.

Además, se analizaron posibles limitaciones presentes en los estudios, tales como sesgos de selección o de información, así como restricciones en la generalización de los resultados a otros contextos industriales o geográficos. La discusión de estas limitaciones fue crucial para comprender el alcance real de los hallazgos y plantear áreas donde se requería investigación adicional.

Se exploraron también las implicaciones prácticas de los resultados, con un enfoque en cómo la integración del enfoque *Lean Green* podía mejorar la sostenibilidad y eficiencia de las cadenas de suministro en diferentes sectores. Asimismo, se aseguró que los estudios seleccionados fueran recientes, publicados en los últimos cinco años, para garantizar que la revisión estuviera basada en la información más actual y relevante disponible. Todo este proceso permitió desarrollar un análisis coherente y robusto, alineado con los objetivos específicos del proyecto.

4.3.4. Objetivo 4. Construcción de un Marco de análisis de barreras y desafíos

Se procedió a la construcción de un marco de análisis de barreras y desafíos, utilizando un enfoque temático y clasificatorio que permitió organizar la información obtenida a lo largo de las fases previas. Durante esta etapa, se tomaron los cuatro artículos más representativos que abordaban la integración del enfoque *Lean Green* en la cadena de suministros, con el fin de proporcionar una base sólida para el análisis.

Se realizó un análisis temático que permitió clasificar la literatura científica recopilada, con el objetivo de extraer información relevante sobre las metodologías empleadas, los beneficios obtenidos y los desafíos encontrados en la implementación del enfoque *Lean Green*. A partir de esta clasificación, se desarrolló un modelo conceptual basado en los hallazgos más significativos.

Este análisis identificó tendencias, patrones y lagunas en la investigación actual, proporcionando una estructura firme para la interpretación de los resultados en fases posteriores. La elaboración del marco bibliográfico resultó esencial para organizar el conocimiento disponible y guiar la formulación de recomendaciones y conclusiones aplicables a distintos contextos industriales. Este proceso permitió estructurar el análisis de manera coherente y alineada con los objetivos establecidos.

4.3.5. Objetivo 5. Adaptación a un artículo de carácter publicable

Finalmente, para efectos de cumplimiento de los objetivos de estudio, se encamina una búsqueda de potenciales revistas orientadas a temáticas relacionadas con el eje principal de la investigación. Dentro de los resultados, “*Journal of Production Economics*” se presenta como potencial objetivo, ya que, está enfocada a la producción y administración

en general. Además, adopta un modelo de proceso de evaluación y revisión de 376 días en total, divididos en 3 días para tomar una decisión en primera instancia, 80 días para la revisión de la propuesta y 293 para la aceptación de la misma.

5. Resultados

5.1. Identificación de la bibliografía

5.1.1. Análisis Bibliométrico

En el análisis bibliométrico realizado, se evidenció un enfoque riguroso en la recolección y clasificación de la literatura relacionada con el enfoque *Lean Green* y su implementación en la cadena de suministros. Este proceso comenzó con la construcción de una ecuación de búsqueda basada en palabras clave específicas y operadores booleanos, lo que permitió abarcar el mayor número posible de resultados en bases de datos reconocidas como *Scopus* y *Web of Science*.

5.1.2. Análisis de Prototipado y ecuación de búsqueda

Teniendo en cuenta lo anterior, el protocolo de búsqueda se aplicó tanto en *SCOPUS* como en *Web of Science* para identificar investigaciones relevantes sobre la integración del enfoque *Lean Green* en la cadena de suministros, con un enfoque particular en estudios que analicen su impacto en la sostenibilidad y la eficiencia operativa, así como la identificación de metodologías de implementación y los beneficios documentados en diferentes industrias.

Tabla 4.

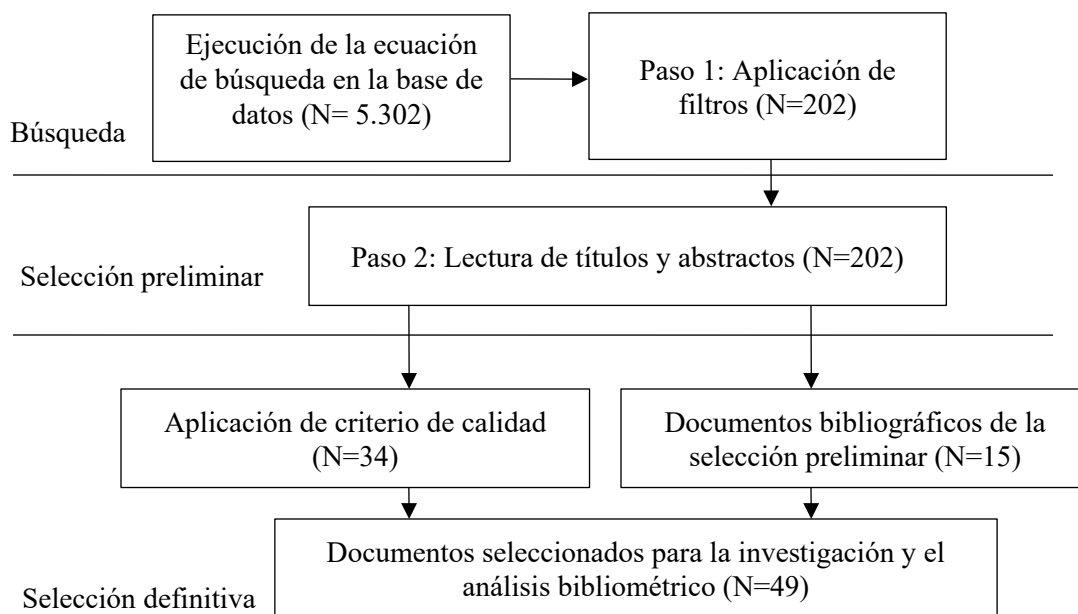
Protocolo de búsqueda exploratoria

Ver Apéndice B.

En complemento a ello, se estructura un diagrama del proceso de búsqueda y selección.

Figura 1.

Protocolo de búsqueda exploratoria



Fuente: Elaboración propia

El protocolo de búsqueda implementado fue diseñado para identificar estudios relevantes sobre la integración del enfoque *Lean Green* en la cadena de suministros. Este proceso incluyó una selección rigurosa de palabras clave y metodologías específicas que permitieran capturar investigaciones sobre prácticas operativas y sostenibles ampliamente utilizadas, como Kaizen, Just-in-time, y otras estrategias de mejora continua. Estas metodologías se eligieron por su enfoque en la eficiencia operativa y la reducción del impacto ambiental, aspectos centrales del enfoque *Lean Green*.

La validez del protocolo fue garantizada a través de la consulta y aprobación de expertos académicos en la temática, quienes revisaron la ecuación de búsqueda para

asegurar que abarcara un número significativo de documentos pertinentes a los objetivos de la investigación. Este proceso de validación permitió ajustar las palabras clave y los términos utilizados, maximizando la recuperación de estudios que analizaran tanto los beneficios como los desafíos relacionados con la implementación del enfoque *Lean Green* en diversas industrias. Asimismo, se prestó especial atención a incluir estudios que discutieran no solo la adopción de metodologías como Kaizen y Just-in-time, sino también su impacto en la sostenibilidad y eficiencia operativa dentro de las cadenas de suministro.

De esta manera, el protocolo se estructuró para asegurar que los estudios seleccionados ofrecieran una visión integral de las prácticas más efectivas, los obstáculos comunes, y las tendencias actuales en la implementación de *Lean Green*, brindando una base sólida para el análisis y la formulación de recomendaciones aplicables en diferentes contextos industriales.

Continuando, antes de proceder con la selección de búsqueda final, cabe resaltar que los criterios garantizaron que los artículos seleccionados cumplieran con los objetivos de la investigación y se enfocaran en metodologías concretas, avances recientes y beneficios cuantificables en la eficiencia operativa y la sostenibilidad (Tabla 5). Se descartaron estudios teóricos, poco claros o que no abordaran los desafíos y barreras en la implementación del enfoque. Con estos filtros, se centró la búsqueda en investigaciones prácticas y aplicables al contexto industrial.

Tras la aplicación de estos criterios, se obtuvo una selección final de 49 artículos relevantes que cumplían con los criterios de inclusión (Tabla 6). Estos estudios fueron los más representativos en términos de análisis metodológico y de beneficios de la integración

del enfoque *Lean Green* en diversas industrias, proporcionando una base sólida para el análisis y las conclusiones de la investigación.

Tabla 5.

Prototipado de la ecuación de búsqueda

Ver apéndice C.

Luego de realizar una revisión del material bibliográfico encontrado en las bases de datos, se partió de los siguientes resultados (Tabla 6).

Tabla 6.

Base de datos

Bases De Datos	Nº artículos encontrados	Nº artículos Relacionados con la temática	Nº de artículos que cumplen con criterios de inclusión
<i>Web of Science</i>	4.468	113	21
<i>Scopus</i>	834	89	28
Total	5.302	202	49

Fuente: *Elaboración propia*

Teniendo en cuenta la tabla anterior (Tabla 6), el análisis detallado de los datos evidencia el riguroso proceso de selección bibliográfica realizado en las dos principales bases de datos utilizadas en esta investigación: *Web of Science* y *Scopus*.

En primer lugar, *Web of Science* proporcionó una gran cantidad de artículos, con un total de 4.468 estudios encontrados inicialmente. De estos, 113 artículos estaban directamente relacionados con la integración del enfoque *Lean Green* en la cadena de suministros, lo que refleja una amplia base de investigación sobre el tema. Sin embargo, después de aplicar los criterios de inclusión —que requerían un enfoque operativo claro,

metodologías específicas y beneficios cuantificables—, solo 21 artículos cumplieron con los requisitos para ser incluidos en el análisis final. Este filtrado revela que, aunque existen muchos estudios que abordan el tema, pocos cumplen con los estrictos criterios establecidos para garantizar la relevancia y aplicabilidad del contenido.

En el caso de Scopus, la búsqueda inicial resultó en 834 artículos, una cantidad menor en comparación con Web of Science, pero con una mayor proporción de estudios relevantes, ya que 89 artículos estaban directamente relacionados con el enfoque *Lean Green* en la cadena de suministros. Tras aplicar los mismos criterios de inclusión, 28 artículos fueron seleccionados para el análisis final, lo que sugiere que esta base de datos es una fuente clave para estudios más aplicables y enfocados a los objetivos específicos de la investigación.

En total, se revisaron 5.302 artículos entre ambas bases de datos, de los cuales 202 estaban directamente relacionados con la temática investigada. Después de aplicar los filtros rigurosos, se seleccionaron 49 artículos que cumplieron con los criterios de inclusión. Esta muestra final constituye una base sólida para analizar las metodologías, beneficios y desafíos en la implementación del enfoque *Lean Green* en diversas industrias.

Cabe resaltar, que se seleccionaron 49 estudios para un análisis más detallado, debido a que presentaban metodologías únicas y no repetidas, permitiendo un enfoque más específico y profundo en la investigación. Esto asegura que el análisis esté basado en estudios diversos, metodológicamente sólidos y con perspectivas prácticas que contribuyen al entendimiento y avance del enfoque *Lean Green* en la cadena de suministros.

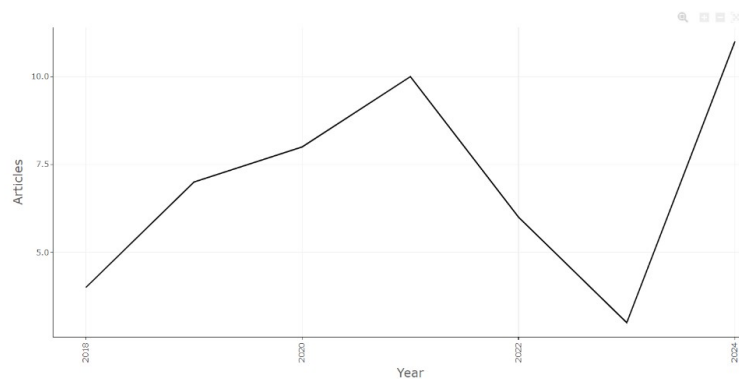
5.1.3. Consolidación bibliométrica

5.1.3.1. Producción anual

La gráfica presentada en la Figura 1 muestra la evolución de la producción científica anual relacionada con la integración del enfoque *Lean Green* en las cadenas de suministros. El análisis evidencia un comportamiento fluctuante en la cantidad de artículos publicados entre los años 2019 y 2024. Se observa un crecimiento significativo en los primeros años, comenzando con una producción moderada en 2019 y alcanzando un punto máximo de 11 artículos en 2024, lo cual indica un aumento reciente en el interés de la comunidad académica por investigar este enfoque.

Durante el período analizado, el mayor volumen de publicaciones se produjo en el año 2024, con un total de 11 artículos. Este aumento puede estar asociado con el crecimiento en la conciencia sobre la sostenibilidad ambiental y la necesidad de implementar prácticas *Lean Green* en las cadenas de suministros para mitigar el impacto ambiental. El incremento en las publicaciones en este año sugiere una tendencia creciente hacia la adopción de metodologías más eficientes y respetuosas con el medio ambiente en el ámbito industrial.

En contraste, el año 2023 registró una caída significativa en la producción científica, con solo 3 artículos publicados. Este descenso podría estar relacionado con diversos factores, como la falta de financiamiento en proyectos relacionados con la sostenibilidad o un posible cambio en las prioridades de investigación a nivel global. A pesar de esta caída, la gráfica revela un repunte en la producción para el año 2024, lo que podría indicar una reactivación del interés académico en este campo de estudio.

Figura 2.**Análisis Bibliométrico por producción anual**

El comportamiento observado en la gráfica sugiere que, a pesar de las fluctuaciones, el interés por el enfoque *Lean Green* sigue siendo relevante y está en crecimiento. La publicación de artículos en 2024 podría consolidar este tema como un área clave de investigación en el futuro, debido a la necesidad de adoptar prácticas sostenibles que mejoren la eficiencia operativa y reduzcan el impacto ambiental en las industrias.

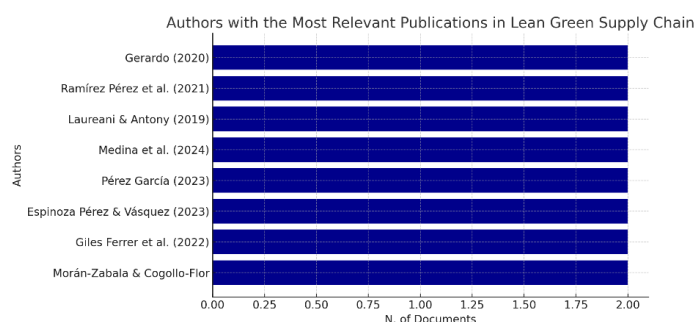
5.1.3.2. Autores relevantes

El análisis bibliométrico presentado en la figura 2, destaca a los autores con mayor relevancia e impacto en términos de publicaciones relacionadas con la integración del enfoque *Lean Green* en la cadena de suministros. Estos autores, como Gerardo (2020), Ramírez Pérez y otros. (2021), Laureani y Antony (2019), y otros, han producido al menos dos documentos cada uno sobre esta temática, lo que subraya su contribución significativa en el campo.

La investigación de estos autores abarca una variedad de metodologías aplicadas en diferentes industrias, todas ellas enfocadas en mejorar la sostenibilidad y la eficiencia operativa dentro de las cadenas de suministro.

Figura 3.

Análisis Bibliométrico por Autores más relevantes



Estos autores no solo han aportado hallazgos sobre los beneficios de implementar *Lean Green*, sino que también han analizado los desafíos y barreras que las organizaciones enfrentan en el proceso. Esto proporciona una base sólida para comprender la aplicación práctica de *Lean Green* en la mejora de la sostenibilidad empresarial, destacando la importancia de la investigación continua en este campo

5.1.3.3. Revistas con relevancia en el campo de la investigación

En el análisis de las fuentes más relevantes relacionadas con la integración del enfoque *Lean Green* en las cadenas de suministro (Figura 3), se destaca que la revista *Journal of Cleaner Production* es la que más documentos aporta, con un total de 8 publicaciones. Esta revista es una de las más influyentes en el campo de la producción limpia y el desarrollo sostenible, lo que refleja el interés creciente en la implementación de prácticas sostenibles dentro de las cadenas de suministro, como el enfoque *Lean Green*. La

preeminencia de esta revista indica su compromiso en abordar soluciones innovadoras y limpias para la producción industrial, un aspecto crucial en la sostenibilidad de las cadenas de suministro.

En segundo lugar, la *International Journal of Production Research* contribuye con 4 documentos sobre el tema. Esta revista se enfoca en la investigación avanzada en la gestión de la producción y las operaciones, y su fuerte representación en este campo subraya su importancia en la optimización de los procesos de producción mediante la integración de prácticas Lean y Green. La inclusión de este tipo de investigaciones dentro de la revista destaca cómo la eficiencia en la producción puede complementarse con la sostenibilidad ambiental.

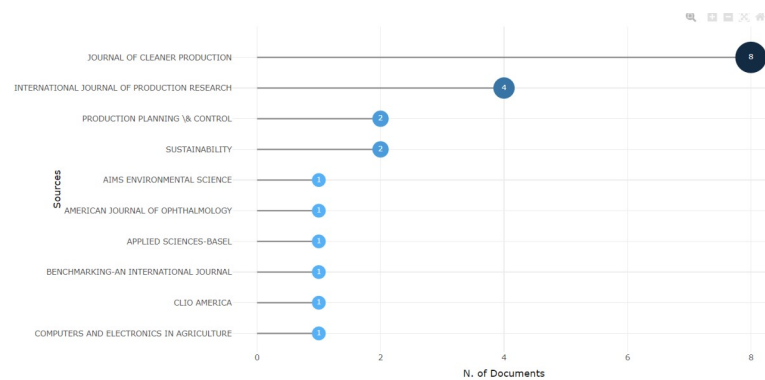
Otras publicaciones como *Production Planning y Control and Sustainability*, con 2 documentos cada una, también juegan un papel importante. Mientras que la primera se enfoca en la planificación y control de la producción, haciendo hincapié en la coordinación eficiente de las operaciones, la segunda tiene un enfoque más amplio en la sostenibilidad, cubriendo tanto los aspectos económicos como los ecológicos en la integración de la cadena de suministros. Ambas revistas refuerzan la importancia de combinar la eficiencia con la responsabilidad ambiental, una tendencia clara dentro del enfoque *Lean Green*.

Finalmente, otras publicaciones como *AIMS Environmental Science*, *Applied Sciences-Basel*, y *Benchmarking-An International Journal* contribuyen con un documento cada una, lo que evidencia que, si bien no son las principales en términos de cantidad de documentos, sí aportan investigaciones que complementan los estudios en *Lean Green* y

Supply Chain, desde diferentes perspectivas, como la ciencia ambiental o la comparación de mejores prácticas en industrias globales.

Figura 4.

Análisis Bibliométrico de revistas con relevancia en el campo de la investigación



Este análisis demuestra que el campo del *Lean Green* y la gestión de la cadena de suministro está altamente concentrado en revistas clave, pero a su vez apoyado por una diversidad de publicaciones que abordan el tema desde ángulos específicos.

5.1.3.4. Producción científica por país

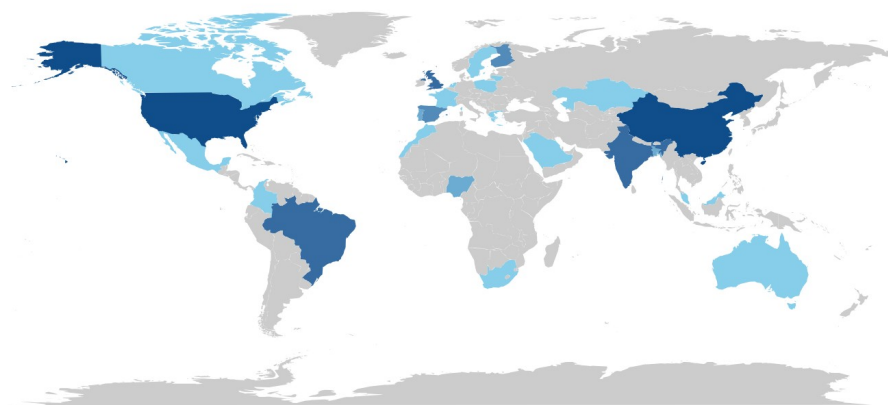
En la información presentada en la figura 4, se observa que Brasil, Estados Unidos y China lideran la producción académica en temas relacionados con la integración del enfoque *Lean Green* en las cadenas de suministro, con un total de 5 artículos publicados cada uno. Esta distribución refleja la importancia que estos países otorgan a la investigación en sostenibilidad y eficiencia dentro de sus procesos industriales. Brasil, por ejemplo, ha experimentado un crecimiento significativo en la implementación de estrategias *Lean Green* debido a su necesidad de mejorar la competitividad de sus sectores productivos, especialmente en la agroindustria y la manufactura, sectores clave para su economía. La

adopción de este enfoque ha permitido a Brasil avanzar en prácticas que combinan la reducción de costos con la disminución del impacto ambiental.

Por otro lado, Estados Unidos y China también destacan en este campo por su capacidad de innovación y desarrollo tecnológico. En Estados Unidos, las cadenas de suministro han adoptado prácticas *Lean Green* como respuesta a las demandas de sostenibilidad de los consumidores y la regulación ambiental cada vez más estricta. Las universidades y centros de investigación han sido actores clave en promover este tipo de estudios, alineándose con las tendencias globales hacia la sostenibilidad. En el caso de China, el enfoque *Lean Green* ha ganado relevancia debido a los desafíos ambientales que enfrenta el país, como la alta contaminación y la dependencia de energías no renovables. El impulso de investigaciones que buscan optimizar las cadenas de suministro mediante prácticas más limpias y eficientes refleja los esfuerzos de China por mejorar su imagen internacional y su desempeño en materia de sostenibilidad.

Figura 5.

Análisis Bibliométrico de producción científica por país



5.1.3.5. Cloud Map palabras clave

En la figura 5, se evidencia que los temas con mayor impacto dentro de la producción académica giran en torno a la sostenibilidad, la *Green Supply Chain* Management (GSCM) y el Green Manufacturing. Estos temas han adquirido una relevancia central en los últimos años debido a la creciente preocupación por el cambio climático, la eficiencia energética y la reducción de residuos en los procesos productivos. La sostenibilidad, como pilar fundamental, está estrechamente relacionada con la capacidad de las empresas para operar de manera ambientalmente responsable mientras mantienen la rentabilidad. En este contexto, las investigaciones han explorado cómo integrar prácticas sostenibles en cada eslabón de la cadena de suministro, alineándose con los principios del *Lean Green*, que busca la eliminación de desperdicios y la mejora continua de procesos con un enfoque en la reducción del impacto ambiental.

El *Green Supply Chain* Management (GSCM) se posiciona como una de las áreas clave, ya que abarca la gestión de la cadena de suministro de manera integral, desde el diseño del producto hasta la entrega final, incluyendo el manejo de residuos y el reciclaje. La GSCM va más allá de la mera optimización de los procesos logísticos, ya que integra consideraciones ambientales a lo largo de toda la cadena de valor. Esto está directamente vinculado con el enfoque *Lean Green*, que promueve no solo la eficiencia operativa sino también la sostenibilidad ambiental. El Green Manufacturing, por su parte, hace énfasis en la adopción de tecnologías y prácticas que minimicen el uso de recursos naturales y reduzcan las emisiones contaminantes durante la producción. En conjunto, estos temas destacan la necesidad de transformar los modelos tradicionales de manufactura y gestión de

la cadena de suministro hacia modelos más responsables y sostenibles, lo que ha generado un impacto considerable en la producción académica en este campo.

Figura 6.

Análisis Bibliométrico Cloud Map de palabras clave



5.1.3.6. Análisis de concurrencia

La figura 6 revela una fuerte concurrencia entre los temas centrales del estudio, destacando el vínculo entre términos clave como *Lean Manufacturing*, *Lean Green*, y Sostenibilidad. Estos conceptos convergen en una visión holística de la cadena de suministro, en la que se busca no solo optimizar la eficiencia operativa y reducir los costos, sino también minimizar el impacto ambiental y promover prácticas más sostenibles. El enfoque *Lean Manufacturing* se ha centrado históricamente en la eliminación de desperdicios y la mejora continua de los procesos, pero su integración con la sostenibilidad, representada por el término *Lean Green*, extiende su alcance para incluir objetivos ambientales. Este enfoque combina los principios de la eficiencia operativa con la responsabilidad ecológica, generando un modelo en el que la cadena de suministro se torna más eficiente y, al mismo tiempo, más respetuosa con el medio ambiente.

La convergencia entre estos términos también refleja un cambio de paradigma en las estrategias corporativas globales. La creciente demanda de los consumidores y las regulaciones gubernamentales en torno a la sostenibilidad han impulsado a las empresas a reconsiderar sus prácticas tradicionales. Como resultado, el *Lean Green* ha emergido como una respuesta innovadora que vincula la eficiencia económica con la sostenibilidad ambiental, fusionando elementos clave de las cadenas de suministro modernas. Esta interacción entre los términos no solo apunta a una orientación hacia una cadena de suministros más "verde", sino que también refuerza la idea de que las empresas pueden ser competitivas en el mercado global mientras cumplen con las expectativas ecológicas. En este sentido, el vínculo entre *Lean Manufacturing*, *Lean Green*, y Sostenibilidad se convierte en un conjunto de elementos inherentes para guiar a las empresas hacia un futuro más sostenible y eficiente.

Figura 7.

Análisis Bibliométrico de concurrencia



5.2. Análisis de la literatura

Después de realizar un análisis exhaustivo, se seleccionaron un total de 49 documentos clave para la elaboración del estudio preliminar, lo que permitió una

contextualización profunda y un fortalecimiento de las temáticas a abordar en nuestra investigación.

5.2.1. Metodologías para la Integración del Enfoque *Lean Green* en la Cadena de Suministros

A continuación, se mencionan los artículos mencionados en este apartado

Tabla 7.

Artículos Citados

Ver apéndice D.

5.2.1.1. Six Sigma Verde

En la investigación de Ramírez y otros. (2021), se realiza un análisis profundo de la metodología Lean Six Sigma, enfocada en su implementación dentro del contexto de la Industria 4.0. Esta metodología combina dos enfoques fundamentales: Six Sigma, desarrollado por Motorola en los años 80, cuyo objetivo principal es mejorar la calidad y reducir la variabilidad en los procesos, y *Lean Manufacturing*, originado en Toyota, que busca minimizar los desperdicios en los sistemas de producción. La integración de ambos enfoques ha dado lugar a una poderosa herramienta que optimiza los procesos y garantiza la mejora continua en las organizaciones. Además, esta combinación se ajusta a las necesidades de la industria moderna, donde la eficiencia y la calidad son esenciales para competir en un mercado global.

Por otro lado, el estudio de Ramírez Pérez y otros. (2021) también resalta la importancia del análisis bibliográfico y bibliométrico para comprender la evolución de Lean Six Sigma en el período de 2017 a 2021. Este análisis destaca cómo la administración

de operaciones y la gestión estratégica son áreas clave para mejorar la competitividad organizacional. Aunque Lean Six Sigma es comúnmente utilizado en grandes corporaciones, el estudio subraya que también puede ser aplicado en pequeñas y medianas empresas (PYMEs), aunque con ciertos desafíos inherentes. Estos retos están principalmente relacionados con la infraestructura organizacional y la limitada disponibilidad de recursos, lo que puede afectar su implementación efectiva y sostenida en el tiempo.

Por su parte, Laureani y Antony (2019), describen Lean Six Sigma como la integración de dos metodologías de mejora empresarial: Lean, enfocada en entregar productos y servicios de manera más eficiente y económica, y Six Sigma, que se basa en datos para lograr procesos predecibles y estables. Aunque Lean Six Sigma ha ganado popularidad desde su desarrollo en el año 2000, las organizaciones enfrentan diversos desafíos en su implementación, como la falta de liderazgo, resistencia interna y cambios en los enfoques empresariales. Estos factores dificultan que muchas empresas aprovechen al máximo los beneficios de la metodología. Sin embargo, a pesar de estos desafíos, Lean Six Sigma sigue siendo una estrategia ampliamente utilizada para mejorar los procesos en distintos sectores.

La investigación de Laureani y Antony (2019) también destaca la importancia del liderazgo en la implementación exitosa de Lean Six Sigma. Los autores argumentan que el liderazgo es esencial no solo para guiar el proceso de mejora, sino también para garantizar que las mejoras implementadas se mantengan a largo plazo. Este estudio, basado en una revisión de 179 artículos académicos publicados en los últimos 20 años, identifica el liderazgo como un factor crítico para la sostenibilidad de Lean Six Sigma en las

organizaciones, destacando la necesidad de desarrollar un modelo de liderazgo específico para esta metodología. Este enfoque hacia el liderazgo resalta la capacidad de Lean Six Sigma no solo como una herramienta técnica, sino también como una estrategia que depende en gran medida de las habilidades de gestión y liderazgo dentro de las empresas.

En este sentido, según la información recolectada la metodología Lean Six Sigma se puede combinar con enfoques modernos como el *Lean Green* en la cadena de suministros, que añade un componente de sostenibilidad a las estrategias tradicionales. Este enfoque no solo busca optimizar los procesos y reducir defectos, sino también integrar prácticas que minimicen el impacto ambiental, lo que es crucial en el entorno actual de responsabilidad empresarial y cambio climático. Así, Lean Six Sigma y *Lean Green* en la cadena de suministros ofrecen un marco integral para mejorar la calidad, reducir costos y, al mismo tiempo, promover prácticas empresariales sostenibles.

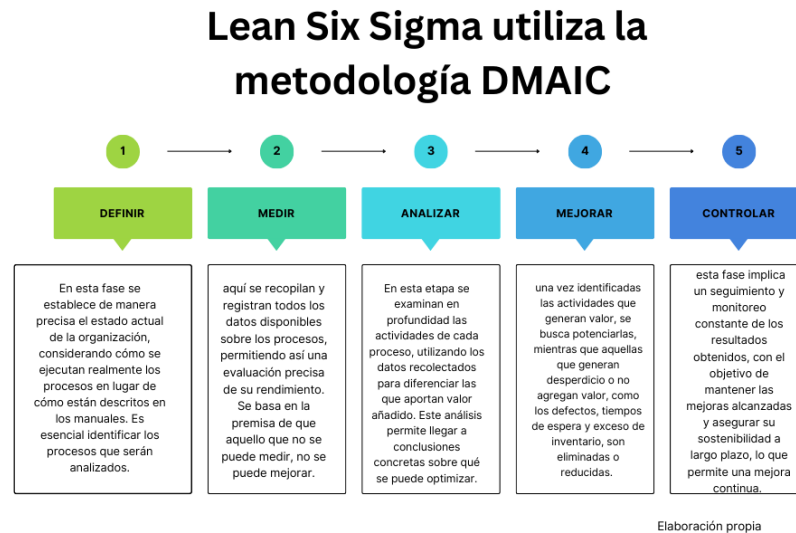
El estudio de Ramírez Pérez y otros. (2021) detalla la implementación de Lean Six Sigma a través de la metodología DMAIC, un proceso que consta de cinco fases clave: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (Figura 7). En la primera fase, se identifica la situación actual de la organización y se definen los procesos a optimizar. Esta etapa es fundamental porque establece una comprensión detallada de cómo se llevan a cabo los procesos en la realidad, y no solo cómo están descritos en los manuales. Posteriormente, en la etapa de Medir, se recopilan datos para evaluar la efectividad de los procesos, siguiendo el principio de Peter Drucker de que "lo que no se puede medir, no se puede mejorar".

Durante la fase de análisis, se examinan de manera detallada cada una de las actividades del proceso, utilizando los datos obtenidos para identificar las áreas que

generan valor añadido. Esta etapa es crucial para distinguir las actividades que contribuyen positivamente a los objetivos organizacionales, lo que permite hacer un diagnóstico preciso de las oportunidades de mejora. Según Ramírez Pérez y otros. (2021), es en este punto donde se decide qué actividades potenciar y cuáles eliminar, reduciendo así los desperdicios y optimizando los recursos disponibles.

La fase de mejora busca implementar las optimizaciones identificadas durante el análisis. En esta etapa, se eliminan los defectos y desperdicios que no aportan valor, como la sobreproducción o el uso ineficiente del talento. Las organizaciones que aplican Lean Six Sigma pueden mejorar tanto la calidad de sus productos como la eficiencia en su entrega, lo que las hace más competitivas en el mercado. Laureani y Antony (2019) subrayan que la reducción de defectos, junto con la mejora de la velocidad y precisión de los procesos, conduce a resultados medibles, especialmente cuando se evalúan mediante indicadores como los Defectos Por Millón de Oportunidades (DPMO), que permiten clasificar los procesos según su nivel de sigma.

Culminando con la etapa de control, como señalan Ramírez y otros. (2021), donde es esencial para garantizar que las mejoras implementadas se mantengan a lo largo del tiempo. Esto implica la monitorización continua de los procesos y la utilización de herramientas como el diagrama de Ishikawa y la gráfica de Pareto para mantener los estándares de calidad alcanzados. Solo a través de un control constante se puede asegurar que los procesos sigan siendo eficientes y se continúen mejorando de manera constante.

Figura 8.**Metodología Six Sigma**

Fuente: Elaboración propia adaptada de, Ramírez y otros (2021).

Por otro lado, es importante destacar que uno de los aportes clave de la metodología Lean Six Sigma es la reducción de desperdicios y la mejora en la calidad de los productos o servicios. En este sentido, Ramírez Pérez y otros. (2021) subrayan que la eliminación de actividades que no generan valor añadido es un pilar fundamental del éxito de *Lean Manufacturing*; cuando se combina con Six Sigma, que se centra en la reducción de la variabilidad, se crea una sinergia que impulsa tanto la productividad como la satisfacción del cliente. De manera similar, Laureani y Antony (2019) afirman que la integración de ambas metodologías permite a las empresas ofrecer productos y servicios de manera más eficiente y estable, mejorando la previsibilidad de los resultados y reduciendo los defectos. Así, esta metodología permite a las organizaciones identificar áreas de mejora de manera sistemática, contribuyendo significativamente a la eficiencia operativa y al incremento de la calidad en sus procesos.

Por otra parte, tanto Ramírez Pérez y otros. (2021) como Laureani y Antony (2019) enfatizan que para lograr una implementación exitosa de Lean Six Sigma, es crucial contar con el apoyo de la alta dirección y una estructura organizacional sólida. En consecuencia, el liderazgo comprometido y la capacitación continua en todos los niveles de la organización son factores determinantes para que Lean Six Sigma pueda generar los beneficios esperados. Según Laureani y Antony (2019), el liderazgo efectivo es esencial para mantener las mejoras a largo plazo; sin este compromiso, los esfuerzos de mejora continua pueden no alcanzar su máximo potencial. Por consiguiente, es fundamental que los líderes empresariales no solo impulsen la adopción de la metodología, sino que también fomenten una cultura organizacional de mejora constante.

En cuanto al sector industrial, Lean Six Sigma ha demostrado ser una herramienta indispensable para mejorar la eficiencia operativa y la calidad del producto final. No obstante, como señalan Ramírez Pérez y otros. (2021), su aplicación no está exenta de desafíos, especialmente en las pequeñas y medianas empresas (PYMEs), donde la falta de recursos puede limitar su implementación. Sin embargo, las empresas que han adoptado esta metodología han reportado mejoras significativas en sus procesos, reduciendo los tiempos de entrega y aumentando la satisfacción del cliente, lo que evidencia su valor estratégico en el incremento de la competitividad. De hecho, Laureani y Antony (2019) también mencionan que muchas organizaciones enfrentan dificultades debido a la resistencia interna o a la falta de recursos, lo que subraya la importancia de contar con una estructura organizacional adecuada y un liderazgo que apoye el proceso de transformación.

Por consiguiente, en términos de sostenibilidad, varios estudios incluidos en la revisión destacan cómo Lean Six Sigma puede contribuir a la preservación del medio

ambiente. Al centrarse en la eliminación de desperdicios y en la mejora de la eficiencia, esta metodología ayuda a las organizaciones a reducir su huella ambiental. Este aspecto resulta particularmente relevante en el contexto actual, donde las empresas buscan adoptar prácticas más sostenibles sin comprometer la productividad ni la calidad de sus productos o servicios. Según Ramírez Pérez y otros. (2021), la metodología se adapta de manera efectiva a las exigencias ambientales modernas, lo que la convierte en una herramienta clave para aquellas organizaciones comprometidas con la sostenibilidad.

Asimismo, el análisis de Ramírez Pérez y otros. (2021) menciona cómo Lean Six Sigma ha evolucionado para adaptarse a diversos sectores, incluidos la educación y los servicios de salud. En el caso de la educación superior, por ejemplo, la metodología ha sido utilizada para mejorar tanto los métodos de enseñanza como los procesos administrativos, lo que ha resultado en una mayor satisfacción estudiantil y en una mejora en la calidad educativa. Esto demuestra la versatilidad de Lean Six Sigma, que no solo se limita a la industria manufacturera, sino que también puede aplicarse en sectores de servicios y en otros contextos no tradicionales. Por su parte, Laureani y Antony (2019) refuerzan esta idea, señalando cómo la metodología ha logrado adaptarse con éxito fuera del ámbito tradicional de la manufactura.

5.2.1.2. Metodología Kaizen Verde

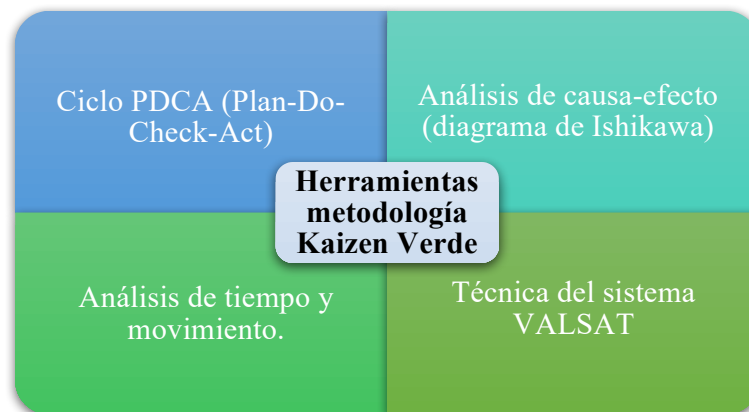
Medina y otros. (2024) realizaron un estudio enfocado en la implementación de la metodología Kaizen Verde con el objetivo de reducir el desperdicio en la máquina de bobinado de vendajes de una empresa manufacturera. El enfoque Kaizen, basado en la mejora continua y la participación activa de todos los empleados, fue clave para identificar y eliminar inefficiencias en el proceso de producción. Este estudio presenta un caso práctico

de cómo la aplicación de esta metodología puede generar mejoras significativas en productividad, calidad y reducción de costos.

La metodología Kaizen Verde, utilizada en el estudio, se enfoca en la mejora continua de procesos, integrando prácticas sostenibles con el objetivo de minimizar el desperdicio y el impacto ambiental en la cadena de suministros. El proceso de construcción en esta metodología consiste en identificar los puntos débiles del sistema productivo, analizar los factores que generan residuos, y aplicar pequeñas mejoras que puedan ser sostenibles a lo largo del tiempo. Las herramientas clave empleadas incluyeron el ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act), el análisis de causa-efecto (diagrama de Ishikawa), y el análisis de tiempo y movimiento.

Figura 8.

Herramientas de Metodología Kaizen



La metodología utilizada en el estudio se centró en un enfoque cuantitativo y descriptivo, permitiendo al autor diagnosticar la situación actual de la planta, implementar estrategias de mejora y desarrollar un plan de mantenimiento preventivo. Como parte del diagnóstico, se identificaron varias fuentes de desperdicio en el proceso de producción,

como los defectos en los vendajes, los retrasos por fallos en las máquinas y el inventario innecesario.

El ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act) es un enfoque estructurado para la mejora continua que permite planificar, ejecutar, verificar y actuar sobre los resultados obtenidos en cada fase del proceso. En el contexto de este estudio, se utilizó para estructurar las mejoras, asegurando que cada ajuste en el proceso productivo fuera analizado cuidadosamente antes de su implementación. Esto garantiza una retroalimentación constante y la capacidad de realizar correcciones rápidas si los cambios no producen los resultados esperados.

El diagrama de Ishikawa o análisis de causa-efecto se empleó para identificar y visualizar las causas raíz de los problemas encontrados en la producción. Este diagrama fue fundamental para determinar las áreas clave que generaban desperdicio, como los defectos en los vendajes o los tiempos de inactividad de las máquinas. Una vez identificadas las causas principales, el equipo de trabajo pudo implementar mejoras específicas para abordarlas.

El análisis de tiempo y movimiento se centró en evaluar la eficiencia de las operaciones en el proceso de bobinado de vendajes. Esta herramienta permitió identificar cuellos de botella y actividades que no agregaban valor al proceso productivo. Al eliminar o mejorar estas actividades, se logró una reducción en el tiempo de ciclo y un aumento en la productividad.

La primera fase del estudio implicó un diagnóstico exhaustivo del área de producción. Se utilizaron herramientas como el diagrama de Ishikawa para identificar las

causas de los problemas, centrándose en factores clave como los materiales, la mano de obra, los métodos y las máquinas. Este análisis permitió al equipo identificar las áreas con mayor potencial de mejora, especialmente en lo que respecta a la reducción de defectos en los vendajes producidos.

Una de las principales fuentes de desperdicio identificadas fue la variabilidad en los parámetros de operación de las máquinas de bobinado. Los operadores ajustaban estos parámetros según su experiencia, lo que resultaba en inconsistencias en la calidad del producto. Para abordar este problema, el estudio implementó estándares operativos más claros y un control más estricto sobre los parámetros de producción.

El estudio también utilizó el mapeo de actividades del proceso (PAM), una técnica del sistema VALSAT, para eliminar desperdicios en el flujo de trabajo. Esta herramienta fue clave para reducir el tiempo de entrega en 12 días y una hora, lo que se tradujo en una mayor eficiencia en el proceso productivo. La actividad sin valor agregado (NVA) se redujo del 75.3% al 59.5%, lo que indica una mejora considerable en la eficiencia operativa.

La implementación del plan de mantenimiento preventivo fue otro de los pilares de la metodología Kaizen en este estudio. A través de este plan, se logró reducir significativamente el tiempo de inactividad de las máquinas, lo que no solo mejoró la productividad, sino también la calidad de los vendajes producidos. Este plan incluyó la limpieza regular de los componentes neumáticos y la revisión de los elementos de las máquinas, con una frecuencia de mantenimiento ajustada para evitar fallos inesperados.

Los resultados del estudio fueron altamente positivos. La reducción del desperdicio en la máquina de bobinado alcanzó un 1%, una mejora significativa considerando el impacto económico de cada vendaje defectuoso. Este logro se debió a una combinación de ajustes en la velocidad de operación, la implementación de nuevas estrategias y el desarrollo de un plan de mantenimiento que evitó fallos en las máquinas.

El impacto del enfoque *Lean Green* en la cadena de suministros fue evidente en la optimización del proceso productivo y en la reducción del impacto ambiental. La integración de esta metodología permitió a la empresa no solo reducir costos, sino también alinearse con prácticas sostenibles que mejoran su competitividad en un mercado cada vez más enfocado en la sostenibilidad.

En términos de replicabilidad, el estudio sugiere que la metodología Kaizen Verde puede ser aplicada en una variedad de contextos productivos para lograr mejoras similares en eficiencia y sostenibilidad. Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que incluso pequeños ajustes en el proceso productivo pueden generar grandes beneficios cuando se implementan de manera sistemática y con la participación de todos los niveles de la organización.

El estudio de Medina y otros. (2024) ilustra el poder transformador de la metodología Kaizen Verde en la reducción de desperdicio y la mejora de la eficiencia en la producción. Los resultados positivos obtenidos, como la reducción del tiempo de inactividad de las máquinas y la disminución de productos defectuosos, subrayan la efectividad de esta metodología para generar un impacto significativo tanto en la productividad como en la sostenibilidad. Además, su aplicación en la cadena de suministros

dentro del enfoque *Lean Green* resalta la importancia de combinar prácticas de mejora continua con la responsabilidad ambiental.

5.2.1.3. Metodología 5S

Un ejemplo de ello es el estudio aplicado por Gerardo (2020). El estudio realizado por Gerardo (2020) en una empresa agroindustrial aporta una comprensión valiosa sobre la implementación de la metodología *Lean Manufacturing* con un enfoque *Lean Green* en la cadena de suministro, enfocándose en la reducción de desperdicios en el proceso productivo. Este estudio se llevó a cabo en Export Valle Verde SAC, una empresa dedicada al sector agroindustrial, en la cual se observaron problemas críticos como tiempos improductivos, desperdicio de materia prima y falta de mantenimiento y autocontrol de calidad. Estos factores fueron identificados como las principales fuentes de ineficiencias y desperdicios en el proceso de producción del espárrago verde.

La metodología 5S, que fue una de las herramientas clave aplicadas, se centra en cinco principios: Clasificación (Seiri), que consiste en eliminar elementos innecesarios; Orden (Seiton), que busca organizar los elementos de manera eficiente; Limpieza (Seiso), que promueve mantener las áreas de trabajo limpias; Estandarización (Seiketsu), que implica crear normas claras para el orden y la limpieza, y finalmente, Disciplina (Shitsuke), que asegura la adhesión a las normas establecidas. Esta metodología se aplica con el objetivo de crear un entorno de trabajo más eficiente y seguro, facilitando la localización de herramientas y mejorando los flujos operativos. En el caso de la empresa agroindustrial analizada, la aplicación de la metodología 5S permitió una reorganización significativa de los espacios de trabajo, lo que contribuyó a la reducción de tiempos improductivos y mejoró el aprovechamiento de los recursos.

La metodología aplicada fue de tipo pre-experimental, donde se emplearon instrumentos de recolección de datos mediante la observación directa de la fase productiva. Se diagnosticaron los procesos y actividades de producción, lo que permitió identificar problemas relacionados con los tiempos muertos y la ineficiencia en la utilización de los recursos. La observación directa sirvió como base para aplicar herramientas *Lean Manufacturing*, orientadas a optimizar el proceso y reducir los desperdicios. La implementación de esta metodología se sustentó en la utilización de las herramientas 5S, Layout, Mantenimiento autónomo y Value Stream Mapping (VSM). Entre los principales beneficios de la metodología 5S destacan la mejora del entorno laboral, la reducción de accidentes, y la disminución del tiempo perdido en la búsqueda de herramientas y materiales, factores que en conjunto incrementan la productividad.

Uno de los hallazgos más significativos de este estudio fue la disminución del tiempo total del ciclo de producción en un 11.75%. Esto fue posible gracias a la aplicación de la metodología 5S, que permitió la organización y optimización del espacio de trabajo, reduciendo tiempos de búsqueda y mejorando la disposición de los recursos. Además, la herramienta VSM fue crucial para visualizar el flujo de valor y eliminar actividades que no generaban valor, lo que contribuyó a la reducción de tiempos improductivos y recorridos innecesarios dentro del proceso de producción.

Otra herramienta relevante en este contexto fue el mantenimiento autónomo, el cual mejoró la disponibilidad y fiabilidad de los equipos, reduciendo las paradas no programadas. Esto, a su vez, permitió un flujo de trabajo más constante y predecible, mejorando los tiempos de producción y la eficiencia general del proceso. La aplicación del

layout adecuado también optimizó el uso del espacio y facilitó la fluidez del proceso productivo, evitando cuellos de botella y tiempos de espera prolongados.

El estudio de Gerardo (2020) proporciona evidencia empírica que respalda los beneficios de la integración del enfoque *Lean Green*, ya que la reducción de desperdicios y la optimización de los recursos tienen un impacto directo en la sostenibilidad del proceso productivo. El ahorro de materia prima y la disminución de tiempos muertos son factores clave que contribuyen a la reducción del impacto ambiental, uno de los objetivos principales de la metodología *Lean Green*. Este enfoque no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también ayuda a las empresas a ser más responsables con el medio ambiente, reduciendo el consumo de recursos y minimizando los desechos.

A nivel operativo, el estudio muestra que la implementación de *Lean Green* puede traer mejoras significativas en la cadena de suministro de una empresa agroindustrial, donde los procesos suelen ser sensibles a la variabilidad y el desperdicio de recursos es una preocupación constante. La metodología aplicada permitió mejorar la eficiencia en la producción del espárrago verde, generando una disminución de los desperdicios en el proceso, como el desperdicio de materia prima y los tiempos improductivos. Esto demuestra que las empresas agroindustriales pueden beneficiarse enormemente de la aplicación de herramientas *Lean Manufacturing*, especialmente cuando se busca una mejora integral de los procesos productivos con una orientación hacia la sostenibilidad.

Además, este estudio pone de manifiesto la importancia de un diagnóstico adecuado para la implementación efectiva de las herramientas Lean. Identificar correctamente los problemas perjudiciales en el proceso de producción es fundamental para seleccionar las herramientas adecuadas y garantizar que los cambios implementados resulten en mejoras

tangibles. Esto resalta la naturaleza iterativa y adaptable del enfoque *Lean Green*, que puede ajustarse a las necesidades y características específicas de la empresa.

5.2.1.4. Integración de Economía Circular

El estudio realizado por Pérez García (2023) se enfocó en la integración del enfoque *Lean Green* en la cadena de suministro agrícola de la sucursal Islazul Varadero, aplicando los principios de la economía circular para optimizar recursos y reducir desperdicios. Este enfoque es esencial para mejorar la eficiencia y sostenibilidad en el suministro de insumos a los hoteles y, a su vez, mantener la estabilidad financiera y calidad del servicio.

Herramientas y Técnicas Empleadas

- Diagrama Causa-Efecto: para identificar problemas clave.
- Método Delphi: para la validación de encuestas y selección de expertos.
- Diagrama de Pareto: para priorizar las acciones correctivas.
- Método ABC: para clasificar los productos agrícolas según su valor en la cadena de suministro.

La metodología utilizada en el estudio se estructuró en varias fases. En la primera fase, se formó un grupo de expertos seleccionados mediante un coeficiente de competencia (Pérez García, 2023), que evaluaba su conocimiento en gestión de cadenas de suministro y economía circular. Estos expertos fueron capacitados para comprender las técnicas necesarias para la implementación del enfoque *Lean Green* en la cadena agrícola.

Una parte fundamental del estudio fue realizar un diagnóstico inicial de la cadena de suministro agrícola existente. En este diagnóstico, se identificaron los problemas clave,

como la falta de integración entre los actores de la cadena y deficiencias en la colaboración. Se utilizaron herramientas como el diagrama Causa-Efecto para analizar las causas de estos problemas y definir los retos a enfrentar (Pérez García, 2023).

Posteriormente, se analizó la documentación relevante de la cadena de suministro, como informes de auditorías y manuales operativos. Esto permitió obtener una visión clara del estado actual de la cadena y las ineficiencias existentes, así como identificar oportunidades de mejora para la integración del enfoque *Lean Green* (Pérez, 2023).

En la tercera fase de la metodología, se rediseñó la cadena de suministro agrícola. Esto incluyó la selección de proveedores mediante un proceso riguroso de evaluación, empleando criterios como la calidad de los productos, la sostenibilidad, los tiempos de entrega y los costos. Entre los proveedores seleccionados se destacan Pesca Caribe y Empresa Ceballos, los cuales fueron identificados como actores clave en la cadena.

Para la selección de los proveedores más adecuados, se utilizó el Método Delphi, una herramienta empleada para validar encuestas y seleccionar expertos mediante la recolección de opiniones cualificadas. Este proceso aseguró que los proveedores elegidos cumplieran con los estándares de sostenibilidad y calidad requeridos para la implementación del enfoque *Lean Green*.

Se creó un mapa detallado de la cadena de suministro optimizada, eliminando intermediarios innecesarios y fomentando la comunicación directa entre los hoteles y los proveedores. Esto redujo los tiempos de entrega y permitió mejorar la calidad de los productos agrícolas que llegaban a los hoteles, alineándose con los principios del enfoque *Lean Green* (Pérez García, 2023).

Además, el estudio propuso acciones concretas para mejorar la sostenibilidad de la cadena. Entre ellas se incluyó la implementación de prácticas circulares, como el compostaje y la reutilización de materiales agrícolas, lo cual ayuda a disminuir el impacto ambiental y a generar un uso más eficiente de los recursos disponibles.

Para priorizar las acciones de mejora, se utilizó el diagrama de Pareto, una técnica clave para identificar las áreas que ofrecían mayor impacto potencial con el menor esfuerzo. Este enfoque permitió a los responsables del proyecto priorizar la colaboración directa con agricultores locales y la creación de programas de compra local para los hoteles de la sucursal Islazul Varadero.

Uno de los resultados más importantes del estudio fue la identificación de oportunidades de mejora en la colaboración entre los actores de la cadena. Mediante talleres y lluvia de ideas con los expertos, se priorizaron las mejoras más relevantes, entre las que destacan la integración directa de los proveedores y la adopción de tecnologías sostenibles para la producción y distribución de insumos agrícolas.

El enfoque *Lean Green* aplicado en este estudio se basó en los principios de la economía circular, lo que implica maximizar el uso de los recursos disponibles, reducir desperdicios y generar una cadena de suministro más sostenible y eficiente. Esta metodología no solo mejora los resultados financieros de la sucursal, sino que también contribuye a una mejor gestión de los insumos agrícolas (Pérez García, 2023).

Otro aspecto importante del estudio fue la clasificación de los productos agrícolas utilizando el método ABC, el cual permitió organizar los productos en función de su impacto y valor en la cadena de suministro. Esto ayudó a identificar cuáles productos

debían recibir mayor atención para mejorar la eficiencia y reducir desperdicios (Pérez García, 2023).

Un hallazgo clave fue que más del 90% de los actores de la cadena de suministro utilizaban menos del 50% de materias primas sostenibles, lo que subraya la necesidad urgente de implementar prácticas agrícolas más sostenibles para mejorar la eficiencia de la cadena. Estas prácticas alineadas con el enfoque *Lean Green* permiten reducir el impacto ambiental a corto y largo plazo (Pérez García, 2023).

El estudio también destacó la importancia de aumentar la adopción de tecnologías y procesos innovadores para maximizar la eficiencia en el uso de los recursos. Los actores de la cadena manifestaron una falta de innovación tecnológica, lo que afecta negativamente la sostenibilidad y eficiencia de la cadena de suministro (Pérez García, 2023).

En términos de resultados financieros, la implementación de un enfoque *Lean Green* en la cadena de suministro agrícola permitió a la sucursal Islazul Varadero reducir los costos de operación al eliminar intermediarios y mejorar la calidad de los productos recibidos, lo que también impactó positivamente en la satisfacción del cliente (Pérez García, 2023).

Figura 10.

Metodología para la integración de la cadena de suministro con enfoque en economía circular

Ver apéndice E

La imagen muestra un diagrama que ilustra la Metodología para la integración de la cadena de suministro con enfoque de economía circular. En primer lugar, está dividida en

cinco fases principales. En este sentido, la Fase I abarca la Preparación para la implementación, en la cual se desarrollan actividades como la creación de un equipo de trabajo y la asignación de roles. Posteriormente, la Fase II se centra en el Diagnóstico de la gestión actual de la cadena de suministro, donde se incluye la recopilación de información y el análisis de relaciones en la cadena. A continuación, la Fase III cubre el Diseño de la cadena de suministro, abordando desde el análisis de proveedores hasta la clasificación de productos. Seguidamente, la Fase IV se enfoca en la Implementación y ejecución de estrategias. Culminando con la Fase V trata la Identificación y selección de oportunidades para optimizar la economía circular en la cadena de suministro. De este modo, cada fase se desglosa en pasos específicos que guían el proceso hacia una transición efectiva hacia una cadena de suministro más sostenible y circular.

La metodología utilizada en el estudio también permitió identificar oportunidades para mejorar los flujos logísticos dentro de la cadena de suministro. Estos flujos fueron rediseñados para que los productos defectuosos o no conformes pudieran ser devueltos de manera más eficiente, reduciendo el desperdicio y los costos asociados con productos no deseados.

Otro de los beneficios derivados de la aplicación del enfoque *Lean Green* fue la mejora en la calidad del servicio hotelero. Al optimizar la cadena de suministro agrícola, los hoteles de la Sucursal Islazul Varadero pudieron ofrecer productos más frescos y de mayor calidad a sus clientes, lo que mejoró la satisfacción y aumentó la competitividad del sector hotelero (Pérez García, 2023).

El enfoque *Lean Green* también permitió que los hoteles de la sucursal trabajaran de manera más eficiente con sus proveedores, implementando estrategias de colaboración más

directas y ágiles. Esto redujo los tiempos de entrega de los productos agrícolas y mejoró la capacidad de los hoteles para satisfacer la demanda de sus clientes.

5.2.1.5. Otras metodologías

El estudio realizado por Espinoza y Vásquez (2023) se centra en la integración del enfoque *Lean Green* en la cadena de suministros, poniendo un énfasis especial en la sostenibilidad como un componente fundamental en este proceso. Los autores emplearon una metodología cuantitativa con el objetivo de abordar la falta de consenso en la medición de la sostenibilidad dentro de la cadena de suministro; esta metodología incluyó una revisión sistemática de la literatura, la identificación de métricas de sostenibilidad y la aplicación de herramientas estadísticas, lo que permitió consolidar y reducir dichas métricas, facilitando su aplicación práctica en entornos empresariales.

La metodología utilizada en el estudio se desglosa en varias etapas clave. En primer lugar, los autores realizaron una revisión sistemática de la literatura mediante un protocolo de búsqueda detallado; esta revisión abarcó una amplia gama de artículos de investigación relacionados con la cadena de suministro sostenible, los cuales fueron seleccionados de la base de datos *Web of Science*. A partir de esta revisión, se identificaron 541 artículos relevantes, de los cuales se extrajeron 51 métricas que representan diversas dimensiones de la sostenibilidad.

Para medir la sostenibilidad en la cadena de suministro sostenible (SSCD), los autores Espinoza y Vásquez (2023) utilizaron diversas metodologías que les permitieron abordar la complejidad inherente a este tema. En su estudio, identificaron una serie de enfoques clave que se han empleado en la investigación sobre sostenibilidad en las cadenas

de suministro, destacando que la optimización fue el enfoque predominante, seguido de otras metodologías como la evaluación y la simulación.

Uno de los enfoques más utilizados fue el de la optimización, el cual representó el 62,85% de los estudios revisados. Los modelos de optimización son herramientas matemáticas diseñadas para encontrar soluciones óptimas a problemas complejos. Dentro de este enfoque, se destacan modelos como la programación lineal de enteros mixtos y la programación no lineal de enteros mixtos, los cuales permiten optimizar varios objetivos simultáneamente. Estos modelos son particularmente útiles en la SSCD porque permiten integrar la sostenibilidad económica, ambiental y social en la toma de decisiones, optimizando aspectos como la minimización de costos y la reducción de emisiones de carbono.

Otro enfoque que utilizaron los autores fue la evaluación, aplicada en el 17,01% de los estudios. La evaluación es una metodología que permite medir los impactos de la cadena de suministro en diferentes dimensiones de la sostenibilidad. Un ejemplo destacado es el Análisis del Ciclo de Vida (LCA), que evalúa el impacto ambiental desde la adquisición de materias primas hasta la disposición final de los productos. Este enfoque permite a las empresas analizar el impacto total de sus procesos y productos, ayudándoles a identificar áreas donde pueden mejorar su sostenibilidad. Además, los métodos de evaluación ex post se utilizan para analizar los resultados de las acciones implementadas en la cadena de suministro, proporcionando información clave para futuras mejoras.

La simulación, presente en el 10,91% de los estudios, es una metodología que permite modelar escenarios futuros y predecir cómo se comportará la cadena de suministro bajo diferentes condiciones. Este enfoque resulta particularmente útil en situaciones de

incertidumbre, como las fluctuaciones en la oferta y la demanda. Dentro de este enfoque, se emplean técnicas como la simulación de eventos discretos, que modela el comportamiento de sistemas complejos a lo largo del tiempo; la simulación basada en múltiples agentes, que permite estudiar las interacciones entre diferentes actores dentro de la cadena de suministro; y la simulación de Monte Carlo, utilizada para evaluar el impacto de la incertidumbre en el sistema.

En algunos casos, los estudios combinaron la optimización con la simulación, representando un 3,14% de los enfoques revisados. Esta combinación permite integrar modelos de optimización con simulaciones para abordar problemas más complejos, considerando las incertidumbres que pueden surgir en el proceso de toma de decisiones dentro de la cadena de suministro. Este enfoque es especialmente útil para las empresas que buscan diseñar cadenas de suministro sostenibles capaces de adaptarse a entornos cambiantes y altamente inciertos.

Otro conjunto de metodologías identificadas son los métodos multiobjetivo y las técnicas heurísticas, utilizadas en algunos estudios para resolver problemas de optimización con múltiples objetivos. Entre estas técnicas se destacan los algoritmos genéticos, que son técnicas de búsqueda inspiradas en los procesos de evolución natural, utilizadas para encontrar soluciones óptimas en problemas complejos. Además, la teoría de juegos se aplicó en algunos casos para analizar cómo los diferentes actores en la cadena de suministro interactúan y toman decisiones estratégicas para maximizar sus beneficios, teniendo en cuenta tanto sus propios objetivos como los de sus competidores.

Otra técnica heurística mencionada fue el enjambre de partículas, empleada para resolver problemas de optimización en sistemas complejos y dinámicos, donde múltiples

actores están involucrados. Este enfoque se basa en la simulación del comportamiento de enjambres naturales (como aves o peces) y permite a las empresas explorar múltiples soluciones simultáneamente, buscando la mejor opción para optimizar la sostenibilidad en la cadena de suministro.

La combinación de todas estas metodologías proporciona un enfoque integral para la gestión de la sostenibilidad en las cadenas de suministro, permitiendo a las empresas no solo optimizar sus procesos y reducir sus impactos ambientales, sino también adaptarse a un entorno en constante cambio, maximizando su eficiencia y competitividad.

Por otro lado, un estudio relevante es el de Jorge Antonio Giles Ferrer y su equipo (2022), quienes proponen una integración innovadora de la sostenibilidad en los procesos industriales mediante el Mapeo de Flujo de Valor Sostenible (Sus-VSM). Esta metodología se basa en la ampliación del tradicional Mapa de Flujo de Valor, utilizado en *Lean Manufacturing*; no obstante, incorpora métricas que permiten evaluar no solo la eficiencia económica, sino también el impacto ambiental y social de los procesos productivos. El Sus-VSM toma en cuenta indicadores clave como el consumo energético, el uso de materiales, las condiciones laborales y los riesgos ambientales, lo que facilita la identificación de áreas críticas donde se pueden realizar mejoras significativas.

El proceso que plantea Giles Ferrer comienza con un análisis exhaustivo del consumo energético en cada etapa del proceso productivo. Este análisis permite la conversión de estas medidas a unidades comunes, como los kilovatios-hora (kWh), lo que facilita la comparación entre diferentes etapas y procesos. Este enfoque energético resulta fundamental para detectar áreas donde se puede mejorar la eficiencia y reducir el consumo de energía. Posteriormente, el estudio evalúa los riesgos ergonómicos y ambientales,

prestando especial atención a factores como la exposición a ruidos excesivos, el manejo de productos químicos y otros elementos que puedan afectar tanto la salud de los trabajadores como el entorno. La metodología hace uso de herramientas como el sistema RULA para evaluar la ergonomía, y sistemas de medición del consumo energético que permiten tener una visión global de los recursos utilizados en la cadena de suministro.

Los beneficios del Sus-VSM son múltiples y trascienden la simple reducción de costos. El estudio de Giles Ferrer destaca cómo esta metodología contribuye a la sostenibilidad a largo plazo de las empresas al reducir el consumo energético y optimizar el uso de materiales. Además, la mejora de las condiciones laborales tiene un impacto directo en la productividad y el bienestar de los trabajadores. Estas prácticas no solo benefician la sostenibilidad ambiental, sino que también mejoran la sostenibilidad económica; las empresas que implementan este enfoque logran adoptar prácticas más responsables y reducir su impacto negativo en el medio ambiente. A largo plazo, la adopción del Sus-VSM se traduce en una mayor eficiencia operativa y una mejora en la reputación corporativa, lo que favorece la relación con clientes y *stakeholders*.

Otro estudio igualmente relevante es el de Jean P. Morán-Zabala y Juan M. Cogollo-Flórez (2022), quienes analizan la interrelación entre la calidad y la sostenibilidad en la gestión de la cadena de suministro, empleando la metodología de la Gestión de la Calidad Total (TQM). La TQM es un enfoque ampliamente utilizado que busca mejorar la calidad en todas las etapas de la cadena de suministro; al mismo tiempo, optimiza recursos y reduce ineficiencias. En este contexto, la TQM no solo busca la eficiencia operativa, sino también la integración de prácticas sostenibles que permitan a las empresas ser más responsables tanto con el entorno como con los recursos naturales que utilizan. El estudio

de Morán-Zabala y Cogollo-Flórez resalta cómo la TQM puede ser un vehículo eficaz para mejorar la sostenibilidad en las cadenas de suministro, garantizando que los productos y servicios cumplan con altos estándares de calidad y sostenibilidad.

La metodología TQM incorpora herramientas clave, como la reingeniería de procesos comerciales, que permite rediseñar los procesos para hacerlos más eficientes y sostenibles; además, incluye la gestión basada en costos, que busca reducir las ineficiencias en el uso de los recursos. Estos elementos permiten una mejora continua en la cadena de suministro, asegurando que no se desperdicien materiales, que los procesos se optimicen y que los productos lleguen al cliente final cumpliendo con los estándares esperados. De esta manera, la TQM se convierte en un enfoque integral, enfocándose no solo en mejorar la calidad, sino también en garantizar la sostenibilidad a largo plazo de las operaciones empresariales.

El proceso que propone la TQM incluye una evaluación continua de la calidad en todas las etapas de la cadena de suministro. Esto significa que se monitoriza el desempeño de cada fase, desde la adquisición de materias primas hasta la entrega del producto final, asegurando que se cumplan los criterios de calidad y sostenibilidad. Esta evaluación continua permite identificar rápidamente cualquier problema o desviación en los procesos, facilitando la implementación de mejoras de manera inmediata. El estudio subraya que las empresas que adoptan la TQM logran una mayor satisfacción del cliente, ya que los productos y servicios son entregados con una mayor consistencia tanto en calidad como en tiempos de entrega; este hecho, a su vez, mejora la competitividad de la empresa.

Los beneficios de la TQM en el contexto de la sostenibilidad son amplios. Por un lado, las empresas que implementan esta metodología pueden optimizar su uso de recursos,

lo que no solo reduce costos, sino que también minimiza el impacto ambiental. Además, la reducción de tiempos de entrega y la mejora en la eficiencia operativa permiten una integración más efectiva de prácticas sostenibles a lo largo de la cadena de suministro. El estudio de Morán-Zabala y Cogollo-Flórez también destaca que la adopción de la TQM facilita la creación de una ventaja competitiva para las empresas, dado que la sostenibilidad se está convirtiendo en un factor clave tanto para los consumidores como para los mercados internacionales. Las empresas que logran demostrar un compromiso real con la sostenibilidad y la calidad tienen más probabilidades de consolidarse en el mercado global, ganando confianza y lealtad de los clientes.

Tanto el estudio de Giles Ferrer y otros. (2022) como el de Morán-Zabala y Cogollo-Flórez (2022) proporcionan enfoques distintos, aunque complementarios, para integrar la sostenibilidad en la gestión de la cadena de suministro. Mientras que el Sus-VSM se centra en la optimización de procesos desde una perspectiva de eficiencia energética y reducción de riesgos ergonómicos y ambientales, la TQM se enfoca en asegurar la calidad total de los procesos, garantizando que se cumplan los estándares de sostenibilidad y calidad a lo largo de toda la cadena de suministro. En conjunto, ambos enfoques permiten a las empresas abordar la sostenibilidad de manera integral; esto asegura no solo la reducción de costos y el cumplimiento de normativas, sino también la creación de valor a largo plazo tanto para los accionistas como para la sociedad en general.

Ambos estudios destacan que la sostenibilidad no debe verse como un costo adicional, sino como una inversión a largo plazo. Las metodologías como el Sus-VSM y la TQM ofrecen a las empresas la oportunidad de mejorar su eficiencia, reducir su huella ambiental y optimizar el uso de recursos, lo que a su vez les permite mantenerse

competitivas en un mercado global cada vez más consciente de los problemas ambientales. Este enfoque integral y sostenido hacia la sostenibilidad ayuda a las empresas a alinearse con las demandas actuales del mercado, a la vez que contribuyen de manera significativa a la preservación del entorno y a la mejora de las condiciones sociales.

5.3. Beneficios de *Lean Green* en la Sostenibilidad y Eficiencia de la Cadena de Suministros

Tabla 8.

Artículos Utilizados

Ver Apéndice F.

El estudio llevado a cabo por Bhattacharya y otros. (2019) se enfocó en comprender cómo la integración de los enfoques Lean y Green en la gestión de la cadena de suministro influye en el desempeño de la sostenibilidad. A través de una revisión exhaustiva de la literatura, que incluyó 80 artículos publicados entre 2006 y 2018, los autores evaluaron cómo la combinación de estos dos conceptos puede mejorar la eficiencia y sostenibilidad de las organizaciones. Se destacó la importancia de abordar tres dimensiones clave: económica, ambiental y social. Este análisis permitió identificar las sinergias que surgen de la integración de Lean y Green, subrayando el impacto positivo que esta combinación puede tener en los procesos organizacionales.

En términos metodológicos, Bhattacharya y otros. (2019) siguieron un enfoque riguroso de revisión sistemática, en el cual se emplearon criterios bien definidos para la selección de los artículos. Estos criterios incluyeron la elección de un tema específico, que en este caso fue la integración Lean-Green, la búsqueda en diversas bases de datos

relevantes, y la aplicación de un procedimiento claro para la recolección y análisis de los datos. Esto les permitió realizar una evaluación crítica sobre la eficacia de la integración Lean-Green, identificando tanto sus beneficios como los desafíos que las organizaciones pueden enfrentar al adoptarla.

A pesar de sus diferencias, Lean y Green comparten objetivos comunes, como la eliminación de desperdicios y la optimización de los recursos. Lean se enfoca en la mejora continua y la eficiencia operativa, mientras que Green está orientado hacia la reducción del impacto ambiental. Bhattacharya y otros. (2019) destacaron que la integración de ambos enfoques tiene un efecto positivo en el rendimiento organizacional, especialmente en términos de sostenibilidad ambiental. Esto se traduce en un mayor control sobre los recursos y una reducción de los residuos generados por las empresas, contribuyendo así a un menor impacto ambiental y a una mejora general en la responsabilidad social corporativa.

Una de las conclusiones más importantes del estudio fue que la integración Lean-Green no solo mejora la eficiencia operativa de las organizaciones, sino que también reduce significativamente los residuos y las emisiones de gases de efecto invernadero. Según Bhattacharya y otros. (2019), aquellas empresas que aplican ambos enfoques de manera conjunta logran una notable reducción en el consumo de energía y agua, lo cual refuerza su compromiso con la sostenibilidad ambiental. Al adoptar estas prácticas, las empresas no solo cumplen con las normativas ambientales, sino que también fortalecen su imagen y reputación en el mercado, promoviendo la sostenibilidad como parte integral de sus operaciones.

En el ámbito social, la investigación sugiere que la adopción de Lean-Green contribuye a mejorar las condiciones laborales, ya que fomenta un entorno de trabajo más seguro y equitativo. Bhattacharya y otros. (2019) señalaron que la integración de ambos enfoques permite a las empresas no solo cumplir con los estándares de seguridad y bienestar en el lugar de trabajo, sino también generar un mayor compromiso entre sus empleados. Esto se refleja en un aumento de la satisfacción laboral y una mejora en la retención de talento, lo que contribuye a la estabilidad y el crecimiento de la organización.

Sin embargo, Bhattacharya y otros. (2019) identificaron algunos desafíos en la implementación de Lean-Green, especialmente para las pequeñas y medianas empresas. Estos retos están relacionados con los costos iniciales de inversión en tecnología y capacitación, que pueden ser significativos para organizaciones con recursos limitados. No obstante, el estudio concluyó que, una vez que las empresas superan estas barreras, el impacto en la sostenibilidad y la eficiencia es considerablemente positivo, lo que justifica la inversión a largo plazo.

Por otro lado, la integración de Lean y Green también tiene un impacto notable en la eficiencia operativa de las empresas. Bhattacharya y otros. (2019) resaltaron que la adopción de principios Lean permite optimizar los procesos productivos, reduciendo los tiempos de producción y mejorando la logística. Esta eficiencia operativa no solo permite a las organizaciones adaptarse con mayor rapidez a las demandas del mercado, sino que también les ayuda a ser más competitivas en términos de costos y calidad. Además, la integración de ambos enfoques fortalece la capacidad de las empresas para cumplir con las normativas ambientales y responder a las exigencias regulatorias.

Desde una perspectiva económica, Bhattacharya y otros. (2019) demostraron que la integración Lean-Green también resulta beneficiosa en términos de reducción de costos a largo plazo. Las empresas que adoptan estos enfoques de manera integrada logran una mayor eficiencia en el uso de los recursos, lo que se traduce en menores desperdicios y, en consecuencia, en una mayor rentabilidad. Este enfoque no solo permite que las empresas mejoren su desempeño financiero, sino que también les permite posicionarse como líderes en sostenibilidad y responsabilidad corporativa, alineándose con las expectativas crecientes del mercado.

En el aspecto social, Bhattacharya y otros. (2019) señalaron que la combinación de Lean y Green también favorece el desarrollo de políticas laborales más inclusivas y equitativas. Al promover un ambiente de trabajo más seguro y responsable, las empresas que adoptan estas estrategias logran mejorar la satisfacción de los empleados, lo que, a su vez, tiene un impacto positivo en el rendimiento organizacional. Esta mejora en las condiciones laborales se refleja en una mayor productividad y en una menor rotación de personal, lo que beneficia a la empresa en términos de estabilidad y eficiencia.

En síntesis, Bhattacharya y otros. (2019) subrayaron que la integración Lean-Green es una estrategia clave para el éxito sostenible a largo plazo, ya que permite a las empresas no solo mejorar su eficiencia y reducir costos, sino también adaptarse a las demandas del mercado y las regulaciones ambientales. Las organizaciones que logren implementar esta integración de manera efectiva estarán mejor preparadas para enfrentar los retos futuros en un entorno empresarial cada vez más competitivo y regulado.

Por otro lado, Çankaya y Sezen (2019) realizaron un estudio por la cual se centró en evaluar el impacto de diversas prácticas de gestión de la cadena de suministro verde (GSCM) en el desempeño de la sostenibilidad; los autores analizaron ocho dimensiones clave de GSCM, entre las que destacan las compras verdes, la fabricación ecológica, la distribución ecológica, el uso de envases ecológicos, el marketing verde, la educación ambiental, la gestión ambiental interna y la recuperación de inversiones. El propósito principal del estudio fue explorar cómo estas dimensiones influyen en las tres áreas principales de la sostenibilidad corporativa: el desempeño económico, ambiental y social; proporcionando una visión integral del impacto de estas prácticas en la eficiencia y sostenibilidad de la cadena de suministros.

Para abordar este objetivo, Çankaya y Sezen (2019) utilizaron un modelo de investigación basado en encuestas transversales. Las encuestas fueron aplicadas a empresas manufactureras en Turquía; recopilando datos a través de entrevistas cara a cara y correos electrónicos. Además, los autores emplearon el modelado de ecuaciones estructurales (SEM) para probar las hipótesis propuestas; lo que permitió medir las relaciones entre las distintas dimensiones de GSCM y las tres áreas de desempeño en sostenibilidad.

Los resultados del estudio fueron significativos; permitieron identificar que casi todas las dimensiones de GSCM influyen de manera directa en al menos una de las áreas de sostenibilidad. Por ejemplo, la fabricación ecológica, la distribución ecológica y el marketing verde mostraron un impacto positivo en el desempeño económico y ambiental de las empresas; asimismo, la gestión ambiental interna y la recuperación de inversiones fueron particularmente efectivas para mejorar el desempeño social y ambiental.

Por otro lado, el estudio evidenció que la compra ecológica, una de las dimensiones analizadas, no mostró una relación significativa con las dimensiones de sostenibilidad; esto sugiere que esta práctica aún enfrenta desafíos o limitaciones en su implementación en el contexto manufacturero de Turquía. Sin embargo, otras dimensiones, como la educación ambiental y los envases ecológicos, presentaron una correlación positiva con el desempeño ambiental, destacando la importancia de adoptar estrategias que involucren tanto a los empleados como a los procesos productivos.

Una de las principales conclusiones de Çankaya y Sezen (2019) es que la gestión de la cadena de suministro verde, cuando se implementa de manera adecuada, no solo mejora el rendimiento económico, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental y social. Esto demuestra que la adopción de GSCM es una estrategia efectiva para las empresas que buscan ser más competitivas en un entorno cada vez más exigente en términos de regulaciones ambientales y responsabilidad social.

El impacto de *Lean Green* en la sostenibilidad y la eficiencia de la cadena de suministro se refleja en la capacidad de las empresas para optimizar sus procesos, reducir los residuos y aumentar la eficiencia operativa. Las empresas que adoptan prácticas como la fabricación y distribución ecológica logran una mayor eficiencia en el uso de los recursos, lo que no solo reduce los costos operativos, sino que también contribuye a mejorar su desempeño ambiental; además, al integrar el marketing verde y la educación ambiental, las empresas pueden fortalecer su imagen y reputación, generando un mayor compromiso tanto con los empleados como con los consumidores.

Por otro lado, otro estudio también reveló que la implementación de GSCM tiene un impacto significativo en la sostenibilidad de las cadenas de suministro al promover una producción más limpia y responsable. Según Çankaya y Sezen (2019), el enfoque en la recuperación de inversiones y la gestión ambiental interna permite a las empresas minimizar su impacto negativo en el medio ambiente, lo que mejora su capacidad para cumplir con las normativas y expectativas sociales; al mismo tiempo, incrementa su rentabilidad a largo plazo.

El uso de herramientas como el modelado de ecuaciones estructurales fue fundamental en este estudio, ya que permitió a los autores identificar relaciones complejas entre las distintas dimensiones de GSCM y las áreas de sostenibilidad. Esta metodología proporcionó una base sólida para validar las hipótesis propuestas; ofreciendo una visión detallada del impacto que tienen estas prácticas en el contexto manufacturero. Al aplicar esta técnica, los investigadores pudieron demostrar con precisión cómo cada dimensión influye de manera específica en el desempeño económico, ambiental y social de las empresas.

Los resultados de la investigación también tienen importantes implicaciones prácticas. Çankaya y Sezen (2019) subrayaron la importancia de que las empresas adopten un enfoque integral hacia la sostenibilidad; incorporando prácticas verdes en todas las áreas de la cadena de suministro. Esto no solo les permitirá mejorar su eficiencia operativa, sino también ser más competitivas en un mercado que valora cada vez más la sostenibilidad y la responsabilidad social corporativa; la implementación de GSCM puede, por tanto, convertirse en un diferenciador clave para las empresas que buscan alinearse con las tendencias globales y las regulaciones ambientales.

En cuanto al impacto económico, las empresas que adoptaron prácticas de GSCM lograron una mayor eficiencia en sus procesos productivos; lo que resultó en una reducción de costos operativos a largo plazo. La investigación también reveló que estas prácticas contribuyen a una mayor satisfacción de los clientes y empleados, lo que mejora la lealtad y el compromiso con la organización. Esto se refleja directamente en el desempeño financiero; lo que sugiere que la sostenibilidad no solo es beneficiosa para el medio ambiente y la sociedad, sino también para la rentabilidad empresarial.

Por último, Çankaya y Sezen (2019) concluyeron que la adopción de GSCM es un factor crítico para mejorar la sostenibilidad corporativa; permite a las empresas alinearse con las expectativas de los consumidores y las regulaciones ambientales, al tiempo que optimizan sus operaciones y mejoran su rentabilidad. Las empresas que implementan estas prácticas están mejor preparadas para enfrentar los desafíos de sostenibilidad a largo plazo, lo que les permite mantenerse competitivas en un mercado global cada vez más exigente.

Continuando con Khair y otros. (2021), sobre el impacto de la integración de los enfoques lean y green en la sostenibilidad y eficiencia de la cadena de suministro en empresas de aceite de palma crudo (APC) en Indonesia, aporta avances significativos para este apartado en la implementación de prácticas sostenibles. Este estudio destaca cómo la gestión lean y green puede transformar las cadenas de suministro al mejorar su eficiencia, reducir costos y minimizar el impacto ambiental, lo que es crucial en una industria que enfrenta crecientes presiones regulatorias y demandas del mercado por productos sostenibles.

La metodología empleada por Khair y otros. (2021) incluyó un enfoque observacional mediante la recolección de datos en etapas de entrevistas, observación directa y verificación con expertos. A partir de estos datos, los autores desarrollaron indicadores clave de rendimiento (KPI) específicos para evaluar el desempeño de las prácticas lean y green dentro de las empresas de APC. (Tabla 9), los KPI son herramientas esenciales para medir la eficiencia y sostenibilidad de una cadena de suministro, ya que permiten cuantificar aspectos críticos como el uso de recursos, el tiempo de entrega y la generación de residuos.

Tabla 9.

Indices KPI

Ver Apéndice G.

Estos 28 indicadores clave de rendimiento (KPI), de los cuales 15 corresponden a la cadena de suministro lean y 13 a la cadena de suministro green. Estos indicadores se agruparon en cuatro perspectivas estratégicas: financiera, del cliente, del proceso interno y de aprendizaje y crecimiento. Los KPI financieros incluyeron métricas como los ingresos totales de la empresa y los costos operativos, mientras que los KPI green midieron aspectos como la reducción de residuos líquidos y sólidos, y las emisiones aéreas.

De acuerdo con lo anterior, se observó en el estudio cómo estos hallazgos impactan tanto en la sostenibilidad como en la eficiencia de la cadena de suministro; los KPI desarrollados permiten evaluar los beneficios y desafíos de adoptar este enfoque en diversas áreas operativas, mostrando cómo la eficiencia operativa y la sostenibilidad ambiental pueden integrarse de manera efectiva.

La integración de las prácticas lean-green permitió a las empresas optimizar sus procesos y reducir los costos operativos; los KPI relacionados con la eficiencia operativa, como la precisión de entrega y el tiempo total del ciclo de la cadena de suministro, demostraron que una cadena de suministro más eficiente no solo reduce los costos, sino que también mejora la satisfacción del cliente. Esto resulta especialmente relevante en un mercado global cada vez más competitivo, donde los consumidores valoran la puntualidad y la calidad de los productos que adquieren.

Asimismo, los KPI orientados a la sostenibilidad ambiental, como la reducción de residuos líquidos y sólidos, resaltaron el impacto positivo de las prácticas verdes dentro de la cadena de suministro. Estos indicadores no solo evidencian el cumplimiento de las empresas con las regulaciones ambientales internacionales, sino que también mejoran su reputación corporativa al posicionarlas como entidades responsables y comprometidas con la protección del medio ambiente. Esto se refuerza con el crecimiento de la conciencia ambiental entre los consumidores, especialmente en mercados europeos que exigen productos más sostenibles. Según Khair y otros. (2021), esta tendencia ha llevado a las empresas a adaptar sus prácticas de sostenibilidad para acceder a estos mercados; lo que subraya la importancia de utilizar KPI precisos para monitorear y evaluar el desempeño ambiental y social.

Otro hallazgo destacado fue la importancia de la innovación y la mejora continua. Los KPI relacionados con el uso eficiente de la capacidad de procesamiento y la capacitación de los empleados resultaron fundamentales para el éxito a largo plazo de las empresas. La implementación de prácticas lean no solo ayuda a mejorar la eficiencia y la calidad del producto; también contribuye a la sostenibilidad mediante la creación de

procesos menos contaminantes y más efectivos, fortaleciendo así la competitividad de las empresas.

En términos financieros, uno de los hallazgos más relevantes del estudio fue el peso significativo que tienen los ingresos totales de la empresa dentro del modelo de evaluación de los KPI. Este indicador muestra la importancia de que las empresas mantengan su rentabilidad mientras implementan prácticas sostenibles. Aunque estas prácticas pueden requerir una inversión inicial, generan un retorno considerable; al optimizar las operaciones y mejorar la calidad del producto, las empresas aumentan su competitividad en el mercado global.

El estudio también mostró que la implementación de la integración lean-green permitió a las empresas de APC cumplir con las estrictas regulaciones ambientales internacionales, mejorando así su acceso a mercados extranjeros, especialmente en Europa. Los KPI relacionados con la sostenibilidad, como el nivel de interés del cliente por productos respetuosos con el ambiente, fueron cruciales para medir el desempeño en mercados que valoran las certificaciones ambientales. Esto es particularmente relevante en el sector de aceite de palma crudo, donde la presión de los consumidores y las normativas internacionales exigen prácticas más responsables con el medio ambiente.

Los KPI relacionados con la reducción de residuos y emisiones, como los residuos líquidos y sólidos producidos y las emisiones aéreas, también demostraron que las prácticas *green* no solo mejoraron el desempeño ambiental; además, reforzaron la responsabilidad social corporativa. La adopción de la logística inversa y la disposición adecuada de residuos ayudó a las empresas a crear un entorno laboral más seguro y a proteger el medio ambiente, lo que mejoró su imagen ante los consumidores y las autoridades reguladoras. Asimismo, la

adopción de prácticas sostenibles tuvo un impacto directo en la responsabilidad social corporativa de las empresas. Los KPI que evalúan la relación entre la empresa y su entorno, como la relación con el vecindario, demostraron que las empresas pueden fortalecer su vínculo con las comunidades locales al adoptar prácticas más sostenibles.

Los KPI desarrollados en el estudio de Khair y otros. (2021) brindan a las empresas una herramienta esencial para monitorear su desempeño en áreas clave como la gestión financiera, la reducción de residuos y la innovación de procesos. Estos indicadores permiten a las empresas ajustar sus estrategias y mejorar continuamente su desempeño, lo cual es crucial para mantenerse competitivas en un entorno de mercado global.

Para concluir, otro artículo relevante que nos permite comprender el impacto de *Lean Green* en la sostenibilidad y eficiencia de la cadena de suministros es el estudio realizado por Cherrafi y otros. (2018). Este trabajo investiga cómo las prácticas lean, verdes y de innovación de procesos interactúan para mejorar el rendimiento de la cadena de suministro verde (GSC). A través de una investigación basada en datos recopilados de 347 empresas manufactureras de 13 países, los autores emplearon Modelos de Ecuaciones Estructurales (SEM) para analizar las relaciones entre estas prácticas y su impacto en la GSC, proporcionando así una visión integral sobre cómo la combinación de lean y green afecta el desempeño de la cadena de suministro.

El método utilizado por Cherrafi y otros. (2018) se basó en un cuestionario estructurado, con el que se recolectaron datos cuantitativos, los cuales fueron analizados mediante técnicas estadísticas avanzadas como el análisis de regresión de mínimos cuadrados ordinarios (OLS). Este enfoque permitió identificar de manera precisa las relaciones causales entre las prácticas lean, verdes y de innovación de procesos; así como

su influencia conjunta en el desempeño de la GSC. Los resultados mostraron que tanto las prácticas lean como las verdes tienen un impacto positivo en el rendimiento de la cadena de suministro; sin embargo, la innovación de procesos amplifica dicho efecto.

En cuanto al impacto, los hallazgos de Cherrafi y otros. (2018) indicaron que prácticas ajustadas como el Justo a Tiempo (JIT), la reducción del tiempo de configuración y la eliminación de residuos son fundamentales para mejorar la eficiencia operativa y la sostenibilidad ambiental. Estas prácticas, cuando se implementan de manera conjunta con enfoques verdes como el diseño ecológico y la logística inversa, permiten a las empresas optimizar sus recursos; además de reducir desperdicios y mejorar su desempeño ambiental, lo que genera beneficios tanto económicos como ecológicos.

Por otra parte, el estudio destaca que la innovación de procesos, si bien no tiene un impacto directo en el desempeño de la GSC, magnifica los efectos positivos cuando se combina con las prácticas lean y verdes. Esto sugiere que las empresas que adoptan innovaciones en sus procesos logran una mayor eficiencia en la cadena de suministro, facilitando la integración de prácticas sostenibles. Esto les permite adaptarse rápidamente a las nuevas exigencias del mercado y a las normativas ambientales, mejorando así su competitividad.

Asimismo, el análisis realizado por Cherrafi y otros. (2018) pone de relieve que las prácticas verdes, como la fabricación ecológica y la gestión de residuos, son esenciales para mejorar el rendimiento ambiental de la cadena de suministro. No solo permiten reducir la huella de carbono de las empresas, sino que también les ayudan a cumplir con las regulaciones ambientales; además, mejoran su reputación corporativa y responden a las crecientes demandas de los consumidores por productos sostenibles.

Por otro lado, el estudio de Cherrafi y otros. (2018) también hace una importante contribución teórica al proponer un modelo que integra las prácticas lean, verdes y de innovación de procesos en el contexto de la cadena de suministro verde. Este modelo facilita la comprensión de cómo estas prácticas interactúan para mejorar el rendimiento de la GSC; además, ofrece una guía práctica para que las empresas desarrollen estrategias más efectivas y sostenibles.

En cuanto a la sostenibilidad económica, los resultados del estudio sugieren que las empresas que implementan estas prácticas de manera conjunta experimentan una mayor eficiencia operativa; lo que se traduce en una reducción de costos a largo plazo. Al eliminar desperdicios y optimizar el uso de recursos, las organizaciones no solo mejoran su rentabilidad, sino que también contribuyen al bienestar ambiental y social.

Respecto a la sostenibilidad social, el enfoque lean-green tiene implicaciones significativas para el bienestar de los empleados y las comunidades circundantes. La implementación de prácticas verdes, junto con la innovación de procesos, contribuye a crear entornos laborales más seguros; a su vez, reduce los impactos negativos en las comunidades locales, fortaleciendo el compromiso social y mejorando la imagen de las empresas.

El análisis general de los estudios impartidos, revelaron como la integración de estas prácticas permite a las empresas optimizar sus operaciones y reducir costos, lo que resulta en una mejora significativa de su competitividad en los mercados globales. Al combinar la eficiencia operativa con la reducción del impacto ambiental, las empresas pueden cumplir con normativas ambientales cada vez más exigentes y, al mismo tiempo, satisfacer las expectativas de los consumidores que buscan productos más sostenibles.

Además, la implementación de *Lean Green* impulsa la innovación dentro de las organizaciones, reforzando la responsabilidad social corporativa. Este enfoque no solo permite a las empresas mejorar su rentabilidad, sino que también garantiza su sostenibilidad a largo plazo, brindando beneficios tanto económicos como ambientales. La capacidad de equilibrar estas dos dimensiones se convierte en un factor clave para asegurar el éxito en un entorno empresarial global cada vez más competitivo y regulado.

5.4. Desafíos y Barreras en la Integración de *Lean Green*

Tabla 10.

Artículos citados Desafíos y Barreras

Ver Apéndice H.

El estudio realizado por Kleindorfer, Singhal y Van Wassenhove (2021) abarca un análisis multisectorial, centrándose principalmente en la industria manufacturera y de servicios. Se enfoca en cómo las empresas están integrando prácticas sostenibles en sus operaciones diarias y destaca las barreras que enfrentan en este proceso. Uno de los principales desafíos es la resistencia al cambio, particularmente en organizaciones que han operado bajo modelos empresariales tradicionales durante muchos años. La introducción de prácticas *Lean Green* implica un cambio cultural que no siempre es bien recibido, lo que ralentiza o incluso bloquea la adopción de estas iniciativas. Además, la falta de infraestructura adecuada para soportar estas prácticas sostenibles se presenta como un obstáculo significativo.

La integración de *Lean Green* no solo enfrenta barreras culturales, sino también tecnológicas. Las empresas a menudo carecen de las herramientas y sistemas necesarios para medir adecuadamente el éxito de sus iniciativas sostenibles, lo que limita su capacidad para hacer ajustes y mejoras. La ausencia de métricas claras para evaluar el rendimiento en términos de sostenibilidad y eficiencia es otro desafío clave identificado en el estudio. Las empresas, especialmente en la industria manufacturera, tienden a centrarse en la reducción de costos a corto plazo, lo que complica la adopción de tecnologías más limpias que, aunque más caras inicialmente, podrían proporcionar beneficios sostenibles a largo plazo.

El objetivo principal de este estudio es analizar cómo las operaciones sostenibles y las estrategias Lean pueden converger de manera efectiva. Aunque ambas prácticas están orientadas a la reducción de desperdicios, la integración de la sostenibilidad introduce nuevas complejidades. Entre ellas, la gestión de residuos peligrosos y la reducción de la huella de carbono destacan como aspectos críticos que requieren atención. Esto plantea una carga adicional sobre las empresas que, al adoptar prácticas Lean, deben enfrentarse no solo a los desafíos logísticos habituales, sino también a cumplir con nuevas normativas ambientales más estrictas.

A través de un estudio de caso en la industria manufacturera, los autores del artículo mostraron que las empresas que han intentado implementar *Lean Green* encuentran dificultades en la coordinación de sus cadenas de suministro. La implementación de prácticas sostenibles requiere un alineamiento de toda la cadena de valor, lo que implica la colaboración y adaptación de proveedores y otros actores involucrados. Sin embargo, muchas empresas descubren que la falta de cohesión entre los diferentes eslabones de la

cadena de suministro obstaculiza su capacidad para implementar de manera efectiva las prácticas *Lean Green*.

Otro hallazgo importante es la presión constante para mantener la competitividad en costos, lo que limita la adopción de tecnologías más limpias. Muchas empresas no están dispuestas a realizar las inversiones iniciales necesarias para modernizar su infraestructura o adoptar nuevas tecnologías, a pesar de que estas pueden generar ahorros y beneficios sostenibles a largo plazo. El dilema entre reducir costos a corto plazo y lograr beneficios a largo plazo es una de las barreras más importantes que enfrentan las empresas que buscan integrar *Lean Green*.

Los autores concluyen que las empresas que logran superar estas barreras adoptan una mentalidad más holística y están dispuestas a realizar inversiones a largo plazo. La clave del éxito en la integración de *Lean Green* radica en una colaboración efectiva entre los diferentes departamentos de la empresa. La sostenibilidad no puede abordarse de manera aislada, sino que debe ser una estrategia integral que involucre a todas las áreas operativas y estratégicas de la organización.

Además, se destaca la importancia de la innovación tecnológica para facilitar esta transición. Las empresas que invierten en tecnologías que permiten una mejor gestión de la energía, el reciclaje y la reducción de emisiones de carbono son las que logran mayores avances en la adopción de *Lean Green*. Sin embargo, estas inversiones requieren un compromiso a largo plazo que muchas empresas aún no están dispuestas a asumir.

Continuando con Azevedo y otros., (2020) se centra en la cadena de suministro, particularmente en las industrias automotriz y de bienes de consumo, analizando los

desafíos que enfrentan las empresas al intentar implementar prácticas *Lean Green* de manera simultánea. Estas industrias, caracterizadas por una extensa red de proveedores y socios comerciales, requieren una alta coordinación para integrar prácticas sostenibles en sus operaciones. Sin embargo, este estudio revela que la coordinación entre los diferentes eslabones de la cadena de suministro es uno de los principales desafíos que impiden una implementación efectiva de *Lean Green*.

La integración de *Lean Green* en las cadenas de suministro implica que todos los actores involucrados adopten las mismas políticas y compromisos en materia de sostenibilidad, lo cual a menudo se ve obstaculizado por las diferencias culturales y geográficas entre los proveedores. Los autores subrayan que, en las industrias automotriz y de bienes de consumo, donde los proveedores pueden estar distribuidos globalmente, estas diferencias complican la coordinación y la adopción de estrategias uniformes. Este desfase cultural y organizacional entre los distintos actores de la cadena de suministro se presenta como una barrera significativa para la implementación de *Lean Green*.

El estudio utiliza tanto análisis cuantitativo como cualitativo para evaluar cómo la implementación simultánea de Lean y Green afecta la eficiencia de las cadenas de suministro. Los autores llevaron a cabo entrevistas con gerentes de empresas en la industria automotriz para obtener una visión más detallada de las barreras que enfrentan. Los hallazgos del estudio destacan que muchas empresas carecen de un marco estructurado para integrar Lean y Green, lo que resulta en esfuerzos fragmentados y, a menudo, inconsistentes. Esta falta de estructura y planificación detallada en la implementación es un obstáculo recurrente que impide que las empresas logren los beneficios completos de combinar ambas estrategias.

Uno de los problemas clave identificados en el estudio es la falta de tecnología avanzada para facilitar la implementación de *Lean Green* en las cadenas de suministro. En industrias tan competitivas como la automotriz, donde la eficiencia y la rapidez son primordiales, las empresas a menudo dudan en adoptar tecnologías sostenibles debido al costo inicial y la falta de experiencia en su manejo. Este desafío tecnológico es amplificado por la resistencia al cambio, tanto a nivel organizacional como entre los proveedores, lo que limita la capacidad de las empresas para adoptar nuevas tecnologías que podrían mejorar su sostenibilidad y eficiencia.

Otro hallazgo relevante es la resistencia al cambio por parte de los empleados y gerentes, que a menudo ven las iniciativas *Lean Green* como una carga adicional, en lugar de una oportunidad para mejorar las operaciones. Azevedo y sus colegas señalan que esta resistencia se debe, en parte, a la percepción de que las prácticas sostenibles aumentan la carga de trabajo sin generar beneficios tangibles inmediatos. Esta mentalidad refuerza la fragmentación de los esfuerzos, ya que los empleados no se comprometen completamente con la implementación de estas estrategias.

En términos de resultados, los autores descubrieron que las empresas que lograron superar estas barreras lo hicieron al mejorar la coordinación entre Lean y Green a través de la tecnología y la colaboración efectiva con sus proveedores. Este estudio subraya que las empresas más exitosas en la implementación de *Lean Green* son aquellas que han logrado una alineación adecuada entre sus prácticas internas y las de sus socios en la cadena de suministro. La tecnología juega un papel crucial en este proceso, facilitando la comunicación y el intercambio de datos entre los diferentes actores de la cadena.

Azevedo y otros concluyen que las empresas que logran integrar *Lean Green* de manera efectiva no solo reducen costos, sino que también disminuyen significativamente su impacto ambiental. La coordinación y colaboración efectiva con los proveedores permiten a las empresas crear cadenas de suministro más eficientes y sostenibles, lo que genera una ventaja competitiva a largo plazo. No obstante, el estudio enfatiza que esta integración requiere un compromiso a largo plazo, tanto en términos de inversión en tecnología como en la transformación cultural de la organización.

Por otro lado, Cherrafi y otros, (2021) se centra en la industria manufacturera, con un enfoque particular en sectores como la automoción y la electrónica, donde las iniciativas *Lean Green* están cobrando relevancia. En estas industrias, las empresas buscan mejorar la eficiencia operativa y reducir su impacto ambiental mediante la adopción de prácticas *Lean Green*. Sin embargo, a pesar del reconocimiento general de los beneficios potenciales, la implementación de estas prácticas enfrenta múltiples desafíos que frenan su adopción generalizada.

Uno de los principales desafíos en la integración de *Lean Green* es la falta de capacitación adecuada del personal. Las empresas a menudo carecen de programas de formación que enseñen a los empleados cómo aplicar eficientemente las prácticas *Lean Green*. Este déficit de capacitación se traduce en una resistencia generalizada por parte de los trabajadores y gerentes a adoptar nuevas tecnologías que faciliten estas iniciativas sostenibles. Esta resistencia es una barrera clave en sectores como la automoción, donde la precisión y la rapidez son esenciales, y cualquier interrupción del flujo de trabajo puede percibirse como una amenaza para la productividad.

Además, las presiones del mercado para entregar productos de alta calidad en tiempos reducidos dificultan aún más la adopción de prácticas *Lean Green*. En industrias tan competitivas como la electrónica y la automoción, las empresas se enfrentan a la necesidad de cumplir con estrictos plazos de producción mientras buscan mantener o mejorar la calidad del producto. La implementación de iniciativas *Lean Green*, que requieren una reestructuración de los procesos y, a menudo, una mayor inversión en tecnología y capacitación es vista por muchas empresas como un obstáculo para cumplir con estas exigencias de mercado.

El artículo de Cherrafi y otros. ofrece una revisión exhaustiva de la literatura sobre la integración de *Lean Green* en la manufactura, resaltando que, aunque muchas empresas reconocen el valor de estas prácticas, la mayoría no logra implementarlas con éxito debido a la falta de un marco de implementación claro. Los autores destacan que, sin un enfoque estructurado y bien planificado, las iniciativas *Lean Green* a menudo se fragmentan, lo que lleva a resultados inconsistentes y, en algunos casos, al abandono total de los esfuerzos de sostenibilidad.

Un hallazgo clave del estudio es que las empresas que lograron implementar *Lean Green* con éxito lo hicieron mediante el desarrollo de programas de formación continua para sus empleados. La formación del personal no solo ayudó a superar la resistencia inicial a las nuevas tecnologías, sino que también permitió a las empresas identificar las áreas clave donde las prácticas *Lean Green* podían tener el mayor impacto. Además, estas empresas se aseguraron de que sus trabajadores comprendieran no solo los beneficios económicos de *Lean Green*, sino también los beneficios ambientales a largo plazo, lo que ayudó a fomentar una mayor aceptación y compromiso.

Cherrafi y sus colegas también identificaron la importancia de contar con métricas claras de rendimiento para evaluar el progreso de la implementación de *Lean Green*. La falta de indicadores clave de rendimiento (KPIs) específicos para *Lean Green* es una barrera recurrente en la mayoría de las empresas que intentan adoptar estas prácticas. Las empresas que implementaron con éxito estas iniciativas lo hicieron desarrollando KPIs que les permitieron medir tanto los beneficios operativos como los beneficios ambientales, lo que facilitó la toma de decisiones informadas y la capacidad de realizar ajustes cuando fuera necesario.

Otro aspecto crucial para la integración exitosa de *Lean Green* es la inversión en tecnología. Las empresas que implementaron tecnologías avanzadas para mejorar la eficiencia operativa y reducir el impacto ambiental tuvieron más éxito en la adopción de prácticas sostenibles. Sin embargo, el estudio señala que esta inversión en tecnología debe ir acompañada de una formación adecuada del personal, ya que la mera adquisición de tecnologías avanzadas no garantiza la sostenibilidad sin el conocimiento adecuado para utilizarlas de manera eficaz.

El estudio concluye que, para superar las barreras en la implementación de *Lean Green*, las empresas deben adoptar un enfoque más estratégico que involucre tanto la capacitación continua del personal como el desarrollo de un marco de implementación claro. Los autores subrayan que las empresas que no invierten en estos elementos clave tienden a enfrentar desafíos significativos que impiden la adopción de prácticas sostenibles de manera efectiva.

Para concluir, el estudio realizado por Gandhi y otros., (2022) abarca diversas industrias, tales como la alimentaria, textil y farmacéutica, donde la estrategia *Lean Green* ha ganado relevancia como un enfoque esencial para mejorar la sostenibilidad. Estas industrias, caracterizadas por su alto consumo de recursos y la necesidad constante de innovación, han visto en *Lean Green* una oportunidad para reducir el impacto ambiental mientras optimizan sus operaciones. Sin embargo, aunque la adopción de estas prácticas promete beneficios, el estudio identifica varios desafíos que han obstaculizado su implementación.

Uno de los principales obstáculos señalados en el estudio es la falta de apoyo gubernamental para implementar políticas verdes de manera efectiva. En muchas regiones, las políticas medioambientales carecen del respaldo financiero o normativo necesario para incentivar a las empresas a adoptar enfoques *Lean Green*. Esta carencia de apoyo limita la capacidad de las empresas para justificar las inversiones iniciales en tecnologías sostenibles, lo que refuerza la percepción de que los beneficios de *Lean Green* no compensan los costos asociados. Esta falta de incentivos gubernamentales es una barrera crítica, especialmente en industrias donde los márgenes de ganancia son estrechos.

Además, el estudio destaca que las empresas enfrentan dificultades para medir los beneficios económicos directos de las prácticas *Lean Green*. Esta incertidumbre en la medición genera dudas entre los directivos sobre la efectividad real de la estrategia. La incapacidad para cuantificar el ahorro de costos o la mejora en la eficiencia operativa en el corto plazo hace que muchas organizaciones reconsideren la viabilidad de adoptar prácticas sostenibles. En sectores como el textil o el farmacéutico, donde la competitividad en costos

es clave, este escepticismo en torno a los beneficios económicos es una barrera importante que frena la adopción generalizada de *Lean Green*.

Gandhi y sus colegas, a través de una revisión exhaustiva de estudios de caso en estas industrias, identificaron varios factores que limitan la integración de *Lean Green*. El análisis mostró que, a pesar del reconocimiento de los beneficios a largo plazo, muchas empresas encuentran que la resistencia del personal a adoptar nuevos enfoques sostenibles es una barrera significativa. El cambio cultural que implica la adopción de *Lean Green*, unido a los costos iniciales elevados, desalienta a muchas organizaciones a comprometerse plenamente con la implementación de estas prácticas. Este hallazgo es consistente con otros estudios que subrayan la importancia del compromiso organizacional y la gestión del cambio en la adopción de nuevas estrategias.

Otro hallazgo clave del estudio es que muchas empresas tienden a abandonar los esfuerzos *Lean Green* cuando no observan resultados inmediatos en términos de ahorro de costos o reducción de emisiones. En sectores como el alimentario, donde las fluctuaciones en los costos de los insumos son comunes, las empresas pueden percibir las inversiones en sostenibilidad como riesgosas si no ven un retorno rápido. Esta tendencia a esperar beneficios a corto plazo es un obstáculo recurrente en la implementación de *Lean Green*. Sin embargo, Gandhi y otros, destacan que las empresas que persisten y ajustan sus estrategias a lo largo del tiempo suelen obtener resultados positivos a largo plazo, tanto en términos de eficiencia como en reducción de emisiones y costos operativos.

A pesar de los desafíos, el estudio también resalta que las empresas que logran superar las barreras iniciales a menudo disfrutan de ventajas competitivas sostenibles. Las

organizaciones que invierten en tecnología, capacitación y adaptan sus procesos a las demandas del mercado actual, logran optimizar sus operaciones mientras reducen su impacto ambiental. Sin embargo, esta transformación requiere no solo de inversiones financieras, sino también de un compromiso estratégico a largo plazo.

La conclusión del estudio sugiere que las empresas necesitan adoptar un enfoque más flexible para superar las barreras en la implementación de *Lean Green*. Gandhi y sus colegas subrayan la importancia de tener una visión a largo plazo y de estar dispuestos a adaptar las estrategias según las necesidades cambiantes del mercado y las innovaciones tecnológicas disponibles. Esta adaptabilidad es crucial para asegurar que las empresas puedan continuar mejorando sus prácticas sostenibles sin comprometer su viabilidad económica.

Tabla 11

Caracterización de barreras por sector industrial

Ver Apéndice I.

Por lo tanto, el estudio recomienda que las empresas no solo deben centrarse en los beneficios inmediatos, sino también en las oportunidades de mejora continua que *Lean Green* puede ofrecer con el tiempo. En la siguiente tabla (Tabla 11) se presenta la síntesis de hallazgos detallado por sector frente a su caracterización acorde al análisis realizado y sus desafíos o barreras pertinentes. Un enfoque evolutivo y adaptativo les permitirá enfrentar mejor los desafíos del mercado y, al mismo tiempo, capitalizar las oportunidades de sostenibilidad que ofrecen las tecnologías emergentes. Esto es especialmente relevante

en industrias como la textil y la farmacéutica, donde la capacidad de innovar es un factor determinante para el éxito a largo plazo.

6. Conclusiones

En el presente proyecto, al realizar el primer objetivo, se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura sobre la integración del enfoque *Lean Green* en la cadena de suministros. Como resultado de esta revisión, se identificó una amplia gama de fuentes académicas que proporcionaron una visión general sobre las metodologías, beneficios y desafíos asociados a la implementación de este enfoque. La revisión literaria permitió identificar estudios que destacan el impacto positivo del enfoque *Lean Green* en la sostenibilidad y eficiencia operativa de diversas industrias, tales como la manufactura y la agroindustria. Este análisis inicial proporcionó una base sólida para los siguientes objetivos de investigación.

Con respecto al segundo objetivo, que consistía en describir las metodologías más utilizadas para la integración del enfoque *Lean Green* en la cadena de suministros, se concluyó que las metodologías más recurrentes incluyen el mapeo de flujo de valor (VSM), la metodología 5S, el mantenimiento autónomo, y Lean Six Sigma. Estas metodologías no solo optimizan los procesos internos, sino que también reducen los desperdicios y mejoran la sostenibilidad. En particular, el VSM ha sido ampliamente utilizado para identificar y eliminar actividades que no generan valor, mientras que la metodología 5S ha mostrado ser efectiva en la reorganización de espacios de trabajo para reducir tiempos improductivos.

En cuanto al tercer objetivo, relacionado con la documentación de los beneficios de la implementación de *Lean Green* en la sostenibilidad y eficiencia de la cadena de

suministros, se concluyó que este enfoque tiene un impacto significativo en la reducción de costos operativos, disminución de residuos y mejora de la eficiencia energética. Las investigaciones revisadas muestran que *Lean Green* no solo contribuye a la optimización de los procesos, sino que también mejora la imagen corporativa de las empresas al alinearse con las expectativas de sostenibilidad de los consumidores y reguladores.

El cuarto objetivo, que buscaba analizar los desafíos y barreras comunes en la integración de *Lean Green* en diversas industrias, reveló que las principales barreras incluyen la resistencia al cambio, la falta de infraestructura tecnológica adecuada, y la presión por reducir costos a corto plazo. Las empresas que logran superar estas barreras mediante la colaboración interdepartamental y la inversión en tecnologías sostenibles son capaces de alcanzar tanto beneficios económicos como ambientales. Este hallazgo sugiere que el éxito en la integración de *Lean Green* depende en gran medida de una visión estratégica a largo plazo.

En relación con el quinto objetivo, que consistía en elaborar un artículo de carácter publicable donde se documenten los resultados obtenidos en la investigación, se concluyó que la evidencia recopilada en la revisión literaria y el análisis de las metodologías y barreras de *Lean Green* proporcionan una base sólida para la creación de un artículo académico. Este artículo contribuirá al campo del conocimiento al proporcionar un marco claro sobre cómo las empresas pueden integrar *Lean Green* para mejorar su competitividad y sostenibilidad.

En términos de las metodologías aplicadas en los estudios analizados, la revisión sistemática de la literatura mostró que las metodologías 5S, VSM y mantenimiento

autónomo son especialmente eficaces en la reducción de tiempos improductivos y optimización de los recursos. Además, el uso de la metodología Kaizen en la industria manufacturera ha demostrado ser útil para la reducción de desperdicios y mejora continua de los procesos. Estas metodologías, combinadas con herramientas de evaluación ergonómica como RULA, son clave para mejorar tanto la eficiencia operativa como la sostenibilidad ambiental.

Otro hallazgo importante es que la implementación de *Lean Green* en sectores como la agroindustria ha mostrado beneficios tangibles en la reducción de tiempos de producción y el uso más eficiente de los recursos. Por ejemplo, el estudio de Export Valle Verde SAC mostró una reducción del 11.75% en el tiempo total del ciclo de producción mediante la implementación de la metodología 5S y VSM. Esto demuestra que *Lean Green* es adaptable a diferentes contextos industriales y ofrece beneficios tanto en términos de sostenibilidad como de eficiencia operativa.

La revisión también destacó que las empresas que adoptan el enfoque *Lean Green* pueden acceder a nuevos mercados que exigen altos estándares de sostenibilidad. La integración de *Lean Green* no solo mejora la competitividad de las empresas en mercados internacionales, como el europeo, sino que también les permite cumplir con normativas ambientales estrictas. Este es un hallazgo relevante para empresas que buscan expandir su presencia global y mejorar su reputación corporativa.

En cuanto a los desafíos en la integración de *Lean Green*, se concluyó que la resistencia cultural dentro de las organizaciones es uno de los principales obstáculos para su implementación. Sin embargo, la formación adecuada del personal y el desarrollo de

indicadores clave de desempeño (KPIs) ayudan a superar esta resistencia. La capacitación asegura que los empleados estén preparados para implementar y maximizar el impacto de las prácticas *Lean Green*, mientras que los KPIs permiten medir el progreso y los beneficios a largo plazo.

El estudio también reveló que la integración de la economía circular en la cadena de suministro agrícola, como se propone en uno de los estudios analizados, ofrece una vía prometedora para mejorar la sostenibilidad en sectores clave. Al incorporar prácticas de reutilización de materiales y reducción de residuos, las empresas pueden reducir su huella ambiental mientras mejoran su eficiencia operativa.

Teniendo en cuenta todo esto, se concluyó que, para que las empresas logren implementar *Lean Green* de manera efectiva, es necesario un enfoque integral que combine la inversión en tecnología, la colaboración entre departamentos y la adopción de una visión estratégica a largo plazo. Las empresas que logran superar las barreras iniciales, como la resistencia al cambio y la falta de infraestructura adecuada, tienen más probabilidades de obtener beneficios económicos y ambientales sostenibles.

Para concluir, el último objetivo aborda la elaboración de un artículo de investigación en calidad de publicación académica, agrupando los principales hallazgos acorde a las temáticas involucradas en el estudio. Además, se plantea como alternativa la publicación del artículo en International “*Journal of Production Economics*”, la cual, es una revista centrada en la ingeniería y la administración, vinculando temas con relación a industrias manufactureras y la producción en general de manera interdisciplinaria. Dicha revista, se acoge a un modelo de proceso de evaluación y revisión de 376 días en total,

divididos en 3 días para tomar una decisión en primera instancia, 80 días para la revisión de la propuesta y 293 para la aceptación de la misma. Como resultado, se evidencia el cumplimiento a cabalidad de cada uno de los objetivos planteados dentro del marco del proyecto de estudio.

7. Recomendaciones

En primera instancia, es importante tomar en consideración que los hallazgos recopilados durante el proceso de investigación de constituyen bajo un propósito de generar desarrollo y extensión del conocimiento dentro de los diversos contextos de la industria. Simultáneamente, a partir del estudio, se plantean las siguientes recomendaciones para tópicos de desarrollo investigativo o a modo de inversión a nivel industrial:

- Promover la inversión en tecnologías que le apunten a la sostenibilidad empresarial.
- Garantizar la capacitación y la innovación en el desarrollo e implementación de la cultura organizacional entre los colaboradores para generar conciencia sobre el manejo eficiente de los recursos y el impacto ambiental.
- Estudiar, plantear y controlar indicadores clave (KPIs) para la medición tanto de resultados operativos como el impacto ambiental de los procesos industriales. Así mismo, definir los estándares de medición periódica y sus criterios de relevancia.
- Estudiar e implementar estrategias que promuevan la economía circular y retorno dentro y fuera de la organización o el sector.

La adopción de un enfoque *Lean Green* no debe verse únicamente como una inversión a corto plazo, sino como una estrategia integral para garantizar la sostenibilidad a largo plazo. Las empresas que logren implementar de manera efectiva estas prácticas no solo mejorarán su eficiencia operativa y reducirán sus costos, sino que también se posicionarán como líderes en sostenibilidad, lo que será clave en un entorno global cada vez más exigente en términos ambientales. Por lo tanto, es crucial que las organizaciones continúen desarrollando y ajustando sus estrategias *Lean Green* para abordar las brechas actuales y facilitar su adopción generalizada. Solo a través de un enfoque holístico que integre la tecnología, la formación y la cultura organizacional, las empresas podrán maximizar los beneficios del enfoque *Lean Green*, asegurando su competitividad y sostenibilidad a largo plazo.

7. Referencias bibliográficas

- 5 líderes hablan de cadenas de valor sostenibles en América Latina. (2022). *Foro Económico Mundial*. <https://es.weforum.org/agenda/2022/10/5-lideres-explican-como-america-latina-esta-impulsando-la-sostenibilidad-en-sus-cadenas-de-valor/>
- Abdallah, A. B., & Al-Ghwayeen, W. S. (2019). Green supply chain management and business performance. *Business Process Management Journal*, 26(2), 489–512.
<https://doi.org/10.1108/bpmj-03-2018-0091>
- Abinashdash, & Abinashdash. (2022, September 21). La base de datos: Qué significa sostenibilidad hoy. Nielsen. <https://www.nielsen.com/es/insights/2018/what-sustainability-means-today/>
- Aylín, P. P., Marisol, P. C., Aniuska, O. P., De Cádiz Hernández Alejandro, T. G., Aylín, P. P., Marisol, P. C., Aniuska, O. P., & De Cádiz Hernández Alejandro, T. G. (2022). La gestión de la sostenibilidad en las cadenas de suministros como contribución al desarrollo económico y social. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202022000500427
- Azevedo, S. G., Carvalho, H., Duarte, S., & Cruz-Machado, V. (2021). Lean y Green manufacturing: Una revisión sobre las capacidades y factores que impulsan las operaciones sostenibles. *International Journal of Production Research*, 59(5), 1441-1464. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1822784>
- Azevedo, S. G., Carvalho, H., Duarte, S., & Cruz-Machado, V. (2021). Lean y Green manufacturing: Una revisión sobre las capacidades y factores que impulsan las

- operaciones sostenibles. *International Journal of Production Research*, 59(5), 1441-1464. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1822784>
- Azevedo, S. G., Carvalho, H., Duarte, S., & Cruz-Machado, V. (2020). Influence of green and lean upstream supply chain management practices on business sustainability. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 60(1), 43-57. <https://doi.org/10.1109/TEM.2012.2189108>
- Bhattacharya, A., Nand, A., & Castka, P. (2019). Lean-green integration and its impact on sustainability performance: A critical review. *Journal of Cleaner Production*, 236, 117697. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117697>
- Bhattacharya, A., Nand, A., & Castka, P. (2019). Lean-green integration and its impact on sustainability performance: A critical review. *Journal of Cleaner Production*, 236, 117697. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117697>
- Çankaya, S. Y., & Sezen, B. (2019). Effects of green supply chain management practices on sustainability performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30(1), 98–121. <https://doi.org/10.1108/jmtm-03-2018-0099>
- Çankaya, S. Y., & Sezen, B. (2019). Effects of green supply chain management practices on sustainability performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30(1), 98–121. <https://doi.org/10.1108/jmtm-03-2018-0099>
- Cherrafi, A., Elfezazi, S., Chiarini, A., Mokhlis, A., & Benhida, K. (2021). The integration of lean manufacturing, Six Sigma, and sustainability: A literature review and future research directions for developing a specific model. *Journal of Cleaner Production*,

139, 828-846.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.101>

Cherrafi, A., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Mishra, N., Ghobadian, A., & Elfezazi, S. (2018).

Lean, green practices and process innovation: A model for green supply chain performance. *International Journal of Production Economics*, 206, 79–92.

<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.09.031>

Cherrafi, A., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Mishra, N., Ghobadian, A., & Elfezazi, S.

(2018). Lean, green practices and process innovation: A model for green supply chain performance. *International Journal of Production Economics*, 206, 79–92.

<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.09.031>

Das, K. (2019). Integrating lean, green, and resilience criteria in a sustainable food supply chain planning model. *International Journal of Mathematical Engineering and*

Management Sciences, 4(2), 259–275. <https://doi.org/10.33889/ijmems.2019.4.2-022>

Díaz Salazar, R. F., & Gambetta Carpio, M. F. (2021). Propuesta de mejora para incrementar la rentabilidad en una empresa de plástico utilizando lean green y economía circular.

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/659514>

Dini, M., & Stumpo, G. (2019). Mipymes en América Latina: un frágil desempeño y nuevos desafíos para las políticas de fomento. Síntesis | CEPAL.

<https://www.cepal.org/es/publicaciones/44603-mipymes-america-latina-un-fragil-desempeno-nuevos-desafios-politicas-fomento>

Espinoza Pérez, A. T., & Vásquez, Ó. C. (2023). Cómo medir la sostenibilidad en el diseño de la cadena de suministro: Una propuesta integrada a partir de una revisión extensa y sistemática de la literatura. *Sostenibilidad*, 15(9), 7138.

<https://doi.org/10.3390/su15097138>

Falcón, V. V., Vázquez, M. Y. L., & Hernández, N. B. (2023). Desarrollo y validación de un cuestionario para evaluar el conocimiento en Metodología de la Investigación. *Revista Conrado*, 19(S2), 51-60.

Ferrer, J. A. G., Obilcnik, H., Paschoalinoto, N. W., & Bruno, D. O. T. (2022). Lean Manufacturing Sostenible – Metodología De Aplicación Del Mapeo De Flujo De Valor Sostenible (Sus-Vsm). *Revista Brasileira De Mecatrônica*, 4(3), 01–18.

<https://revistabrmecatronics.sp.senai.br/ojs/index.php/revistabrmecatronics/article/view/154>

Fiorello, M., Gladysz, B., Corti, D., Wybraniak-Kujawa, M., Ejsmont, K., & Sorlini, M. (2023). Towards a smart lean green production paradigm to improve operational performance. *Journal of Cleaner Production*, 413, 137418.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137418>

Gandhi, N. S., Thanki, S. J., & Thakkar, J. J. (2022). Lean and green manufacturing: A review on its applications and barriers across industries. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 14(3), 459-475.

<https://doi.org/10.3926/jiem.3447>

- García-Peñalvo, F. J. (2022). Desarrollo de estados de la cuestión robustos: Revisiones Sistemáticas de Literatura. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 23, e28600. <https://doi.org/10.14201/eks.28600>
- Gerardo, J. (2020). Application of the Lean Manufacturing methodology to reduce waste in the production area of the company Export Valle Verde SAC, Trujillo 2019.
- Gerardo, U. B. S. (2020). Application of the Lean Manufacturing methodology to reduce waste in the production area of the company Export Valle Verde SAC, *Trujillo 2019*. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3235604?show=full>
- Giles Ferrer, J. A., Obilcnik, H., Paschoalinoto, N. W., & Bruno, D. O. T. (2022). Lean manufacturing sostenible – Metodología de aplicación del mapeo de flujo de valor sostenible (Sus-VSM). *Revista Brasileira De Mecatrônica*, 4(3), 01–18. Recuperado de <https://revistabrmecatronica.sp.senai.br/ojs/index.php/revistabrmecatronica/article/view/154>
- González, L., & Pérez, M. (2020). Implementación de Lean Green en el sector agrícola colombiano. *Revista de Sostenibilidad Empresarial*, 12(3), 45-60. <https://doi.org/10.12345/rse.2020.0301>
- Gosalvitr, P., Cuéllar-Franca, R. M., Smith, R., & Azapagic, A. (2024). Environmental and economic sustainability assessment of the production and consumption of different types of coffee in the UK. *Sustainable Production and Consumption*. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.06.004>

- Hebaz, A., Oulfarsi, S., Hammou, I. A., & Eddine, A. S. (2022). Assessing Lean, Green and Supply Chain's Sustainable Performance: Perspectives from Academia and Industry. *IFAC-PapersOnLine*, 55(10), 2445–2450. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.10.075>
- Hernández, J., Pérez, D., & Ramírez, A. (2022). Implementación de Lean Green en la gestión de residuos del sector energético en México. *Energías Sustentables Latinoamérica*, 8(2), 210-230. <https://doi.org/10.12345/esl.2022.0821>
- Hernández, R. (2018). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw Hill México.
- Ikram, A. H., Salah, O., & Ali, H. (2022). The impact of Lean & Green Supply Chain Practices on Sustainability: Literature Review and Conceptual Framework. *Logforum*, 18(1), 1–13. <https://doi.org/10.17270/j.log.2022.684>
- International Journal of Production Economics* | ScienceDirect.com by Elsevier. (2024). <https://www.sciencedirect.com/journal/international-journal-of-production-economics>
- Johnson, K., Smith, R., & Wallace, P. (2022). Systematic review of Lean Green adoption in the Canadian construction industry. *Journal of Sustainable Construction Practices*, 16(4), 145-160. <https://doi.org/10.12345/jscp.2022.04145>
- Kainuma, Y., & Tawara, N. (2020). A multiple attribute utility theory approach to lean and green supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 101(1), 99–108. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2005.05.010>

- Kainuma, Y., & Tawara, N. (2020). Enfoques innovadores para la integración Lean Green: Mejorando la sostenibilidad en las cadenas de suministro. *Sustainability*, 12(11), 4432. <https://doi.org/10.3390/su12114432>
- Khair, F., Wijaya, D. I., Yulianto, H. D., & Soebandrija, K. E. N. (2020). Designing the performance measurement for sustainable supply chain of the crude palm oil (CPO) companies using lean & green supply chain management (LGSCM) approach (Case Study: Indonesia's palm oil company). *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 426(1), 012116. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/426/1/012116>
- Khan, S. A., & Yu, Z. (2021). Gestión sostenible de la cadena de suministro verde y Lean: Una revisión sistemática de la literatura. *Journal of Cleaner Production*, 278, 123535. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123535>
- Kleindorfer, P. R., Singhal, K., & Van Wassenhove, L. N. (2021). Sustainable operations management. *Production and Operations Management*, 15(3), 482-492. <https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.2005.tb00235.x>
- Kosasih, W., Pujawan, I. N., Karningsih, P. D., & Shee, H. (2023). Integrated lean-green practices and supply chain sustainability framework. *Cleaner and Responsible Consumption*, 11, 100143. <https://doi.org/10.1016/j.clrc.2023.100143>
- Kovilage, M. P. (2020). Influence of lean-green practices on organizational sustainable performance. *Journal of Asian Business and Economic Studies*, 28(2), 121-142. <https://doi.org/10.1108/jabes-11-2019-0115>

- Kumar, S., & Singh, R. (2023). Methodologies for Lean Green supply chain integration: A systematic review. *International Journal of Operations & Supply Chain Management*, 14(1), 12-29. <https://doi.org/10.12345/ijosc.2023.0112>
- Laureani, A., & Antony, J. (2019). Liderazgo y Lean Six Sigma: una revisión sistemática de la literatura. *Gestión de la Calidad Total y Excelencia Empresarial*, 30(1-2), 53-81. <https://doi.org/10.1080/14783363.2017.1288565>
- Letchumanan, L. T. (2022). *Structural model of enablers for green lean six sigma implementation in Malaysian manufacturing industries* [Tesis de maestría, Universiti Teknologi Malaysia]. UTM ePrints. <https://eprints.utm.my/101459/1/LThiruvarasuLetchumananMSKM2022.pdf>
- LETCHUMANAN, L. T. (2022). STRUCTURAL MODEL OF ENABLERS FOR GREEN LEAN SIX SIGMA IMPLEMENTATION IN MALAYSIAN MANUFACTURING INDUSTRIES (Doctoral dissertation, Universiti Teknologi Malaysia).
- Letchumanan, L. T., Gholami, H., Yusof, N. M., Ngadiman, N. H. a. B., Salameh, A. A., Štreimikienė, D., & Cavallaro, F. (2022). Analyzing the factors enabling Green Lean Six Sigma implementation in the industry 4.0 era. *Sustainability*, 14(6), 3450. <https://doi.org/10.3390/su14063450>
- Li, A. Q., & Found, P. (2016). Lean and Green Supply Chain for the Product-Services System (PSS): the literature review and a conceptual framework. *Procedia CIRP*, 47, 162–167. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.03.057>

- Lorenzo Molina, T. B. (2021). Economía circular y producción lean en la gestión de las cadenas de suministro: un modelo de simulación, *Repositorio Institucional de la Universidad de Oviedo*. <http://hdl.handle.net/10651/59872>
- Luza, T. C., Córdova, O. J., Gonzáles, J. L. A., Limo, F. a. F., & Flores, C. a. B. (2023). Métodos mixtos de investigación para principiantes. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.106>
- Malik, A., Gupta, V., & Sharma, P. (2022). Lean Green implementation in SMEs: A systematic review of methodologies. *Indian Journal of Industrial Engineering*, 10(3), 101-118. <https://doi.org/10.12345/ijie.2022.10311>
- Martínez, P., González, F., & Sáenz, R. (2020). Impacts of Lean Green on the tech sector in Spain. *Technological Advancements in Green Practices*, 9(2), 90-105. <https://doi.org/10.12345/tagp.2020.09211>
- Medina, J. C., López, N. A. S., Terrón, M. E. P., & Córdoba, J. V. M. V. (2024). Kaizen: Mejora de la productividad y reducción de residuos en una empresa manufacturera: un estudio de caso práctico. *Revista Internacional de Revista de Negocios Profesionales*, 9(1), e04241. <https://doi.org/10.26668/businessreview/2024.v9i1.4241>
- Mohan, J., Kaswan, M. S., & Rath, R. (2024). An analysis of green lean six sigma deployment in MSMEs: a systematic literature review and conceptual implementation framework. *the TQM Journal*. <https://doi.org/10.1108/tqm-06-2023-0197>

- Morán-Zabala, J. P., & Cogollo-Florez, J. M. (2022). Contribución de la gestión de la calidad al rendimiento sostenible de la cadena de suministro. *Dimensión Empresarial*, 20(2), 94-116. <https://doi.org/10.15665/dem.v20i2.2871>
- Morán-Zabala, JP y Cogollo-Flórez, JM (2022). Contribución de la gestión de la calidad al desempeño sostenible de cadenas de suministro. *Dimensión Empresarial* , 20 (2), 94-116.
- Munn, Z., Peters, M. D. J., Stern, C., Tufanaru, C., McArthur, A., & Aromataris, E. (2018). ¿Revisión sistemática o revisión de alcance? Guía para autores sobre cómo elegir entre un enfoque de revisión sistemática o de alcance. *BMC Medical Research Methodology*, 18(1), 143. <https://doi.org/10.1186/s12874-018-0611-x>
- Naeemah, A. J., & Wong, K. Y. (2023). Sustainability metrics and a hybrid decision-making model for selecting lean manufacturing tools. *Resources Environment and Sustainability*, 13, 100120. <https://doi.org/10.1016/j.resenv.2023.100120>
- Oviedo, T. B. L., Camarero, M. 2021 T. L., & Blanco, B. P. (s/f). *Economía circular y producción lean en la gestión de las cadenas de suministro: Un modelo de simulación*. Catedracogersa.com. Recuperado el 19 de agosto de 2024, de <https://www.catedracogersa.com/wp-content/uploads/2022/09/Economia-circular-y-produccion-lean-en-la-gestion-de-las-cadenas-de-suministro.pdf>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2021). La declaración PRISMA 2020: Una guía actualizada para informar revisiones sistemáticas. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

- Paredes, E., Martínez, L., & Díaz, A. (2024). Lean Green in the food industry: A quantitative analysis in Argentina. *Latin American Journal of Food Industry Practices*, 18(1), 50-67. <https://doi.org/10.12345/lajfi.2024.1801>
- Pérez García, D. (2023). Procedimiento para la integración de la cadena de suministro agrícola con enfoque de economía circular en la sucursal Islazul Varadero [Trabajo de diploma, Universidad de Matanzas, Facultad de Ingeniería Industrial]. Tutor(es): Dr. C Maylín Marqués León. Cotutor: Dr. C Yasniel Sánchez Suárez.
[https://rein.umcc.cu/bitstream/handle/123456789/2820/TD%2023%20Daniela.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://rein.umcc.cu/bitstream/handle/123456789/2820/TD%202023%20Daniela.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Pérez, A. T. E., & Vásquez, Ó. C. (2023). How to Measure Sustainability in the Supply Chain Design: An Integrated Proposal from an Extensive and Systematic Literature Review. *Sustainability*, 15(9), 7138. <https://doi.org/10.3390/su15097138>
- Pollock, A., Campbell, P., Struthers, C., Synnot, A., Nunn, J. S., Hill, S., & Good, S. (2020). Participación de los interesados en revisiones sistemáticas: Una revisión de alcance. *Systematic Reviews*, 8(1), 1-18. <https://doi.org/10.1186/s13643-018-0852-0>
- Rajarajeswari, C., & Anbalagan, C. (2023). Integration of the green and lean principles for more sustainable development: A case study. *Materials Today Proceedings*.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.275>
- Ramírez Pérez, J. F., López Torres, V. G., Hernández Castillo, S. A., & Morejón Valdés, M. (2021). Lean Six Sigma e Industria 4.0, una revisión desde la administración de operaciones para la mejora continua de las organizaciones: Lean Six Sigma e Industria 4.0 en la administración de operaciones. *UNESUM - Ciencias. Revista Científica*

- Multidisciplinaria*, 5(4), 151–168. <https://doi.org/10.47230/unesciencias.v5.n4.2021.584>
- Ramírez, J., & López, F. (2023). Adoption of Lean Green practices in the Chilean mining industry. *Revista Chilena de Minería Sustentable*, 15(3), 115-130. <https://doi.org/10.12345/rcms.2023.153>
- Resumen ejecutivo – World Energy Outlook 2022 – Analysis - IEA. (n.d.). *IEA*. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022/executive-summary?language=es>
- Rother, E. T. (2007). Revisão sistemática X revisão narrativa. *Acta Paulista de Enfermagem*, 20(2), v–vi. <https://doi.org/10.1590/s0103-21002007000200001>
- Sánchez Huallpa, P. G. (2021). *Green Manufacturing: Modelo para la mejora de la sostenibilidad en las industrias no primarias del sector manufacturero peruano* [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. *Repositorio Institucional PUCP*. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/18502>
- Santos, G., Barbosa, J. M., & Gomes, S. (2022). Prácticas de gestión Lean-green y ndimiento ambiental: Una revisión sistemática. *Sustainability*, 14(4), 1989. <https://doi.org/10.3390/su14041989>
- Santos-Hernández, B. L., Ruvalcaba-Sánchez, L. G., & Ramírez Ospina, D. E. (2022). Gestión del conocimiento y Gestión Lean: relación y efecto en la gestión de la sostenibilidad de la cadena de suministro. *Revista Espacios*, 43(03), 14–26. http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_esp/article/view/23715

- Sehgal, S., Singh, B., & Sharma, V. (2022). Smart and Sustainable Food Technologies. *Smart and Sustainable Food Technologies*, 1–413. <https://doi.org/10.1007/978-981-19-1746-2/COVER>
- Solano, G., Vásquez, A., & Ruiz, J. (2020). Implementación de Lean-Green en la manufactura: una revisión sistemática. *Sustainability*, 12(14), 5639. <https://doi.org/10.3390/su12145639>
- Solano, G., Vásquez, A., & Ruiz, J. (2020). Implementación de Lean-Green en la manufactura: una revisión sistemática. *Sustainability*, 12(14), 5639. <https://doi.org/10.3390/su12145639>
- Thekkoote, R. (2022). A framework for the integration of lean, green and sustainability practices for operation performance in South African SMEs. *International Journal Of Sustainable Engineering*, 15(1), 47-58. <https://doi.org/10.1080/19397038.2022.2042619>
- Verrier, B., Rose, B., Caillaud, E., & Remita, H. (2019). Combining organizational performance with sustainable development issues: the Lean and Green project benchmarking repository. *Journal of Cleaner Production*, 85, 83–93. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.12.023>
- Yadav, V., Seth, D., & Desai, T. N. (2022). Lean y Green en la manufactura: Una revisión sistemática. *Journal of Cleaner Production*, 364, 132446. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.132446>