

Modelo de mejora operacional sostenible basado en Lean Manufacturing para la reducción de desperdicios en pequeñas industrias manufactureras ecuatorianas

Sustainable operational improvement model based on Lean Manufacturing for waste reduction in small Ecuadorian manufacturing industries

Modello di miglioramento operativo sostenibile basato sulla Lean Manufacturing per la riduzione degli sprechi nelle piccole industrie manifatturiere ecuadoriane

Pedro Roberto Barrezueta Ochoa¹
pedro.barrezuetao@ug.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0006-6626-9987>

Correspondencia: pedro.barrezuetao@ug.edu.ec

Artículo de Investigación

*** Recibido:** 01-08-2026 *** Aceptado:** 01-09-2026 *** Publicado:** 19-09-2026

I. Universidad de Guayaquil, Ecuador

Resumen

Las pequeñas industrias manufactureras ecuatorianas enfrentan limitaciones asociadas con desperdicios operacionales, baja estandarización de procesos y escasa integración de prácticas sostenibles, lo que afecta su eficiencia y competitividad. El objetivo de esta investigación fue diseñar un modelo de mejora operacional sostenible basado en Lean Manufacturing para la reducción de desperdicios en pequeñas industrias manufactureras ecuatorianas. Se aplicó un enfoque mixto, con diseño no experimental y alcance descriptivo-propositivo, mediante un cuestionario diagnóstico Lean-Green, checklist de observación directa y entrevista semiestructurada. Los resultados describen un nivel inicial de madurez operacional, caracterizado por aplicación parcial de herramientas de mejora, presencia de pérdidas productivas, limitada gestión ambiental y ausencia de indicadores integrales. La triangulación metodológica permitió establecer los componentes del modelo propuesto orientado a fortalecer la eficiencia productiva y sostenibilidad empresarial.

Palabras clave: PYMES industriales; eficiencia productiva; gestión ambiental; mejora continua; competitividad empresarial.

Abstract

Small Ecuadorian manufacturing industries face limitations associated with operational waste, low process standardization, and limited integration of sustainable practices, all of which affect their efficiency and competitiveness. The objective of this research was to design a sustainable operational improvement model based on Lean Manufacturing to reduce waste in small Ecuadorian manufacturing industries. A mixed-methods approach was employed, featuring a non-experimental design and a descriptive-propositive scope, utilizing a Lean-Green diagnostic questionnaire, a direct observation checklist, and semi-structured interviews. The results revealed an initial level of operational maturity characterized by the partial application of improvement tools, the presence of production losses, limited environmental management, and an absence of comprehensive indicators. Methodological triangulation enabled the definition of the proposed model's components, which are aimed at strengthening production efficiency and business sustainability.

Keywords: Industrial SMEs; production efficiency; environmental management; continuous improvement; business competitiveness.

Riassunto

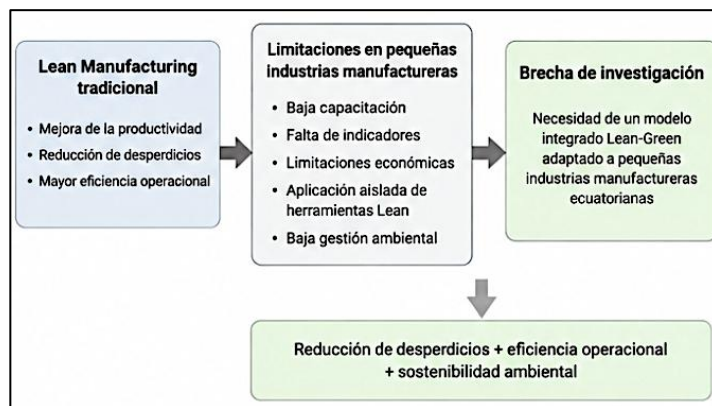
Le piccole industrie manifatturiere ecuadoriane si trovano ad affrontare limitazioni legate agli sprechi operativi, alla scarsa standardizzazione dei processi e alla limitata integrazione di pratiche sostenibili, che ne compromettono l'efficienza e la competitività. L'obiettivo di questa ricerca è stato quello di progettare un modello di miglioramento operativo sostenibile basato sul Lean Manufacturing per ridurre gli sprechi nelle piccole industrie manifatturiere ecuadoriane. È stato applicato un approccio a metodi misti, con un disegno non sperimentale e un ambito descrittivo-propositivo, utilizzando un questionario diagnostico Lean-Green, una checklist di osservazione diretta e un'intervista semi-strutturata. I risultati mostrano un livello iniziale di maturità operativa, caratterizzato da un'applicazione parziale degli strumenti di miglioramento, dalla presenza di perdite di produzione, da una gestione ambientale limitata e dall'assenza di indicatori esaustivi. La triangolazione metodologica ha permesso di definire le componenti del modello proposto, finalizzato al rafforzamento dell'efficienza produttiva e della sostenibilità aziendale.

Parole chiave: PMI industriali; efficienza produttiva; gestione ambientale; miglioramento continuo; competitività aziendale.

Introducción

En el contexto de competitividad industrial actual, las organizaciones manufactureras requieren modelos de gestión que permitan mejorar la eficiencia operacional y reducir impactos económicos y ambientales asociados al uso ineficiente de recursos. En este escenario, Lean Manufacturing se consolida como una filosofía orientada a eliminar desperdicios y maximizar el valor agregado, mientras que su integración con enfoques sostenibles favorece el desempeño productivo y ambiental (Qureshi et al., 2022; Kosasih et al., 2023). Sin embargo, persisten limitaciones para adaptar estas metodologías a pequeñas industrias manufactureras debido a restricciones financieras, baja disponibilidad tecnológica, ausencia de indicadores integrales y limitada capacitación especializada. Además, los enfoques Lean-Green aún requieren modelos contextualizados que articulen dimensiones económicas, ambientales y sociales (Siegel et al., 2019; Kosasih et al., 2023). En Ecuador, esta problemática se evidencia en pequeñas industrias con dificultades para gestionar desperdicios, mejorar procesos y desarrollar sistemas sostenibles de operación.

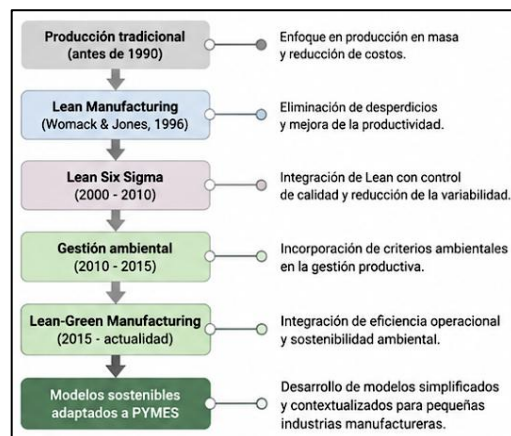
Figura 1. Brecha entre la implementación tradicional Lean y la necesidad de un enfoque Lean-Green adaptado a pequeñas industrias manufactureras



Por lo tanto, el vacío científico identificado radica en la ausencia de un modelo metodológico adaptado al contexto de pequeñas industrias manufactureras ecuatorianas que permita implementar prácticas Lean bajo un enfoque sostenible. En consecuencia, la presente investigación busca responder la siguiente pregunta: ¿Cómo diseñar un modelo de mejora operacional sostenible basado en Lean Manufacturing que contribuya a la reducción de desperdicios en pequeñas industrias manufactureras ecuatorianas? Para ello, el estudio tiene como propósito desarrollar un modelo estructurado que articule herramientas Lean, indicadores operacionales y criterios de sostenibilidad aplicables a la realidad productiva nacional.

Por otro lado la investigación sobre Lean Manufacturing y mejora operacional sostenible ha evolucionado desde enfoques centrados exclusivamente en productividad hacia modelos integrales que incorporan eficiencia operativa, reducción de desperdicios y sostenibilidad ambiental. En sus fundamentos, Lean Manufacturing se sustenta en la eliminación sistemática de actividades que no agregan valor mediante la aplicación de principios como flujo continuo, mejora continua, producción bajo demanda y optimización de recursos (Womack & Jones, 1996; Liker, 2004). Sin embargo, la literatura reciente evidencia que la competitividad industrial actual requiere superar la visión tradicional de Lean como una metodología orientada únicamente a costos y productividad, incorporando dimensiones ambientales y sociales bajo el enfoque denominado Lean-Green Manufacturing (Garza-Reyes, 2015; Henao et al., 2019).

Figura 2. Evolución conceptual de los modelos de mejora operacional hacia Lean-Green Manufacturing



Los estudios actuales evidencian que Lean Manufacturing contribuye al mejoramiento de indicadores operacionales; sin embargo, su implementación requiere sistemas integrados que articulen prácticas, procesos y cultura organizacional (Shah & Ward, 2007). Asimismo, Bhamu y Singh Sangwan (2014) y Sahoo y Yadav (2021) destacan que la adaptación de Lean a pequeñas empresas representa un desafío debido a limitaciones de recursos, capacidades internas y resistencia organizacional. En este contexto, Driouach et al. (2019) identifican barreras asociadas con inversión tecnológica, capacitación y medición del desempeño, mientras que Chong y Perumal (2022) y Kolla et al. (2019) plantean la necesidad de modelos de madurez e instrumentos diagnósticos simplificados para PYMES.

Desde la perspectiva sostenible, Lean-Green Manufacturing constituye una evolución orientada a integrar reducción de desperdicios y desempeño ambiental. Caldera et al. (2017), Garza-Reyes (2015), Henao et al. (2019) y Azevedo et al. (2020) evidencian su potencial; no obstante, persisten limitaciones metodológicas para su aplicación en pequeñas industrias. Kosasih et al. (2023) destacan esta brecha, especialmente en economías emergentes. En Ecuador, la evidencia científica sobre modelos integrales Lean-Green adaptados a pequeñas industrias continúa siendo limitada, justificando el desarrollo de un modelo contextualizado que articule reducción de desperdicios, desempeño operacional y sostenibilidad ambiental.

Tabla 1. Análisis comparativo de modelos, metodologías y herramientas relacionadas con la mejora operacional sostenible basada en Lean Manufacturing

Modelo / metodología	Principales herramientas	Aportes identificados en literatura	Limitaciones frente al problema investigado	Pertinencia para pequeñas industrias ecuatorianas
Lean Manufacturing tradicional	5S, Kaizen, VSM, Kanban, TPM, Poka-Yoke	Permite identificar y eliminar actividades sin valor agregado, mejorar flujo productivo y reducir pérdidas operacionales (Womack & Jones, 1996; Shah & Ward, 2007).	Generalmente prioriza variables productivas y presenta menor integración con indicadores ambientales.	Alta, debido a su aplicabilidad práctica y bajo requerimiento tecnológico.
Lean Six Sigma	DMAIC, herramientas estadísticas, control de procesos	Integra Lean con análisis estadístico para disminuir errores y mejorar estabilidad operacional (Antony et al., 2019).	Puede requerir mayor capacidad analítica, formación especializada y disponibilidad de datos históricos.	Media, debido a restricciones frecuentes de información en PYMES.
Lean-Green Manufacturing	Herramientas Lean + indicadores	Integra eficiencia operacional y desempeño ambiental,	Algunos modelos presentan dificultad de	Alta, si se adapta mediante

	ambientales + gestión de recursos	promoviendo producción sostenible (Garza-Reyes, 2015; Henao et al., 2019). Permiten diagnosticar capacidades organizacionales y establecer rutas de implementación progresiva.	implementación por complejidad de indicadores ambientales. No siempre incorporan reducción de impactos ambientales ni características específicas de PYMES.	indicadores simples y progresivos. Media-alta como herramienta diagnóstica inicial.
Modelos de madurez Lean	Evaluaciones Lean, auditorías, escalas de madurez			
Modelo Lean sostenible para PYMES	Diagnóstico Lean, VSM, 5S, Kaizen, indicadores operacionales y ambientales	Propone integración de dimensiones económicas, ambientales y organizacionales adaptadas a pequeñas empresas (Siegel et al., 2019; Kosasih et al., 2023).	Requiere validación contextual en diferentes sectores productivos y países.	Muy alta, debido a su alineación con la problemática planteada.

En síntesis, la revisión del estado del arte evidencia que los modelos Lean tradicionales permiten abordar la reducción de desperdicios, pero presentan limitaciones cuando se requiere integrar sostenibilidad y condiciones específicas de pequeñas industrias. Por otra parte, los enfoques Lean-Green orientados a PYMES muestran mayor correspondencia con las variables de esta investigación, debido a que articulan eficiencia operacional, reducción de desperdicios y desempeño ambiental. En consecuencia, el presente artículo adoptará como base conceptual un modelo de mejora operacional sostenible basado en Lean Manufacturing con enfoque Lean-Green adaptado al contexto de pequeñas industrias manufactureras ecuatorianas, incorporando herramientas de diagnóstico, intervención y evaluación mediante indicadores operacionales y ambientales.

Método y materiales

La presente investigación se desarrollará bajo un enfoque mixto, debido a que integra la medición cuantitativa del nivel de implementación de prácticas Lean-Green con la interpretación cualitativa de las condiciones operacionales presentes en pequeñas industrias manufactureras. El diseño será no experimental, transversal y aplicado, considerando que la información será recopilada en un periodo determinado sin manipulación de variables, con el propósito de diagnosticar el estado actual de los procesos productivos y estructurar un modelo de mejora operacional sostenible. El alcance será descriptivo-propositivo, debido a que inicialmente se caracterizarán los desperdicios operacionales y prácticas Lean existentes, para posteriormente plantear un modelo adaptado al contexto empresarial analizado.

La población de estudio estará conformada por pequeñas industrias manufactureras ubicadas en la provincia del Guayas, Ecuador, específicamente empresas pertenecientes al sector metalmecánico y manufacturero con procesos productivos internos y una estructura organizacional inferior a 50 trabajadores. Se aplicará un muestreo no probabilístico intencional, considerando como muestra de referencia 10 pequeñas industrias manufactureras del cantón Guayaquil, seleccionadas por su disponibilidad de acceso, presencia de procesos productivos estandarizados y generación potencial de desperdicios operacionales.

La técnica de recolección será una auditoría diagnóstica Lean-Green, mediante dos instrumentos complementarios: un cuestionario diagnóstico Lean-Green con escala Likert y un checklist de observación directa del proceso productivo. Esta selección se fundamenta en estudios previos que evidencian que la evaluación Lean en PYMES requiere analizar simultáneamente prácticas de mejora continua, eliminación de desperdicios, desempeño operacional y sostenibilidad ambiental (Driouach et al., 2019; Siegel et al., 2019). Asimismo, Kosasih et al. (2023) destacan que los modelos Lean-Green para pequeñas industrias deben incorporar instrumentos de diagnóstico integrales que permitan identificar capacidades internas y oportunidades de mejora sostenible.

Análisis de resultados

- Resultados del diagnóstico mediante el Cuestionario Lean-Green para pequeñas industrias manufactureras

El cuestionario diagnóstico Lean-Green permitió determinar el nivel de implementación actual de prácticas asociadas con Lean Manufacturing, reducción de desperdicios, desempeño operacional, sostenibilidad y cultura organizacional en pequeñas industrias manufactureras del cantón Guayaquil. El instrumento fue aplicado a 30 participantes pertenecientes a 10 empresas manufactureras, considerando perfiles administrativos y operativos relacionados directamente con los procesos productivos.

La información obtenida fue procesada mediante estadística descriptiva, calculando el valor promedio por dimensión evaluada. La escala utilizada estuvo comprendida entre 1 y 5 puntos,

donde valores cercanos a 1 representan ausencia de implementación y valores cercanos a 5 reflejan una práctica consolidada dentro de la organización.

Los resultados generales muestran un nivel inicial de madurez Lean-Green, con un promedio global de 2,61 puntos sobre 5, evidenciando que las empresas presentan prácticas aisladas relacionadas con mejora operacional, pero sin una estructura integral orientada hacia la gestión sostenible de los procesos.

Tabla 2. Resultados del cuestionario diagnóstico Lean-Green

Dimensión evaluada	Promedio obtenido	Nivel identificado
Gestión Lean	2,74	Bajo-medio
Reducción de desperdicios	2,61	Bajo-medio
Desempeño operacional	2,48	Bajo
Sostenibilidad operacional	2,35	Bajo
Cultura organizacional	2,89	Medio-bajo
Promedio general	2,61	Nivel inicial

La aplicación del cuestionario diagnóstico Lean-Green evidenció que las pequeñas industrias manufactureras presentan un nivel inicial de adopción de prácticas sostenibles. La dimensión con mayor valoración fue cultura organizacional (2,89/5), reflejando disposición del personal hacia la mejora; sin embargo, estas iniciativas carecen de una estructura formal de mejora continua. La gestión Lean obtuvo 2,74 puntos, evidenciando aplicación principalmente de prácticas básicas como organización del puesto de trabajo y control visual, con limitada incorporación de herramientas avanzadas. Asimismo, la reducción de desperdicios alcanzó 2,61 puntos, identificándose pérdidas asociadas a esperas, reprocesos e inventarios, aunque sin indicadores para su control. La sostenibilidad operacional presentó la menor valoración (2,35 puntos), debido a la limitada gestión ambiental. Finalmente, el desempeño operacional (2,48 puntos) mostró baja utilización de indicadores productivos, confirmando la ausencia de un sistema integrado Lean-Green.

- Resultados del Checklist de observación directa Lean-Green

El segundo instrumento permitió verificar las condiciones reales del sistema productivo mediante observación directa de las áreas operativas de las pequeñas industrias manufactureras analizadas.

La aplicación del checklist permitió identificar evidencias relacionadas con organización del trabajo, flujo productivo, desperdicios visibles, sostenibilidad ambiental y estandarización de procesos. La evaluación consideró diez criterios agrupados en cinco dimensiones. Cada criterio fue valorado mediante una escala de cumplimiento: cumple, cumple parcialmente y no cumple.

Tabla 3. Resultados del checklist de observación directa Lean-Green

Dimensión observada	Cumplimiento promedio	Nivel identificado
Organización del puesto de trabajo	65 %	Medio
Flujo productivo	48 %	Bajo-medio
Identificación de desperdicios	42 %	Bajo
Gestión ambiental	38 %	Bajo
Estandarización del proceso	35 %	Bajo
Promedio general	45,6 %	Nivel inicial

Los resultados del checklist de observación directa Lean-Green evidencian un nivel inicial de implementación operacional en las pequeñas industrias manufactureras. La dimensión con mayor cumplimiento fue organización del puesto de trabajo (65 %), destacando condiciones aceptables de orden y limpieza; sin embargo, sin mecanismos formales de seguimiento o estandarización. El flujo productivo alcanzó un 48 %, identificándose problemas asociados con desplazamientos innecesarios, acumulación de materiales y tiempos improductivos. La identificación de desperdicios presentó un cumplimiento del 42 %, evidenciando esperas, inventarios en proceso, movimientos innecesarios y reprocesos. Por otra parte, la gestión ambiental obtuvo 38 %, reflejando limitada integración de prácticas sostenibles. Finalmente, la estandarización presentó el menor cumplimiento (35 %), debido a la ausencia de procedimientos documentados e indicadores operacionales. En conjunto, los resultados evidencian oportunidades de mejora en eliminación de desperdicios, control de procesos y sostenibilidad operacional.

- Resultados de la entrevista semiestructurada Lean-Green

La entrevista semiestructurada permitió complementar la información obtenida mediante los instrumentos cuantitativos, identificando las principales causas organizacionales asociadas con las condiciones observadas en los procesos productivos.

El instrumento fue aplicado a 20 participantes entre gerentes, supervisores y responsables operativos. La información fue analizada mediante categorización temática.

Tabla 4. Categorías identificadas en la entrevista semiestructurada

Categoría	Frecuencia	Porcentaje
Existencia de desperdicios productivos	18	90 %
Falta de capacitación Lean	17	85 %
Ausencia de indicadores operacionales	16	80 %
Escasa gestión ambiental formal	15	75 %
Resistencia al cambio	14	70 %
Limitaciones económicas	13	65 %
Interés directivo por mejorar procesos	16	80 %

Los resultados de la entrevista semiestructurada evidencian que la principal problemática identificada corresponde a la presencia de desperdicios productivos, reconocida por el 90 % de los participantes, asociados con retrasos operativos, acumulación de materiales, reprocesos, falta de planificación y variabilidad en los tiempos de producción. Asimismo, el 85 % manifestó limitaciones relacionadas con la capacitación en herramientas Lean como 5S, Kaizen y Value Stream Mapping. Además, el 80 % señaló la ausencia de indicadores operacionales consolidados, por lo que las decisiones se fundamentan principalmente en la experiencia del personal. En cuanto a sostenibilidad, el 75 % indicó que la gestión ambiental tiene una aplicación limitada y enfocada principalmente en la disposición básica de residuos. Finalmente, el 70 % identificó resistencia al cambio como una barrera para implementar nuevas metodologías de mejora continua.

- Triangulación metodológica de resultados

La triangulación metodológica permitió integrar los resultados obtenidos mediante el cuestionario Lean-Green, el checklist de observación directa y la entrevista semiestructurada, relacionando la percepción de los actores internos, las condiciones reales del proceso productivo y los factores organizacionales asociados. Los hallazgos evidenciaron una convergencia respecto a las principales limitaciones de las pequeñas industrias manufactureras, destacando una implementación inicial de prácticas Lean sin una metodología estructurada de mejora continua.

Asimismo, se confirmó que los desperdicios operacionales constituyen una problemática recurrente, aunque existen limitaciones para su medición, seguimiento y control mediante indicadores objetivos. De igual manera, se identificó una baja integración entre eficiencia productiva y sostenibilidad ambiental, debido a la limitada incorporación de prácticas relacionadas con gestión de residuos y optimización de recursos. Finalmente, los resultados resaltan la importancia de fortalecer factores humanos y organizacionales mediante capacitación, liderazgo, comunicación y participación del personal para una implementación efectiva del modelo propuesto.

Discusión

Los resultados obtenidos mediante la aplicación de los tres instrumentos evidencian que las pequeñas industrias manufactureras presentan un nivel inicial de madurez Lean-Green, caracterizado por una adopción parcial de herramientas Lean, presencia de desperdicios operacionales y limitada integración de prácticas ambientales en la gestión productiva. Esta situación coincide con la literatura especializada, donde se reconoce que las PYMES enfrentan dificultades para implementar sistemas estructurados de mejora debido a restricciones de recursos, limitaciones de conocimiento técnico y ausencia de modelos adaptados a sus características organizacionales.

Respecto a la implementación Lean, el cuestionario diagnóstico evidenció una valoración de 2,74/5, reflejando una aplicación principalmente básica de herramientas relacionadas con organización del puesto de trabajo y acciones correctivas. Este resultado coincide con Driouach et al. (2019), quienes identifican que las PYMES suelen iniciar procesos Lean mediante herramientas simples, pero presentan dificultades para avanzar hacia sistemas integrales debido a limitaciones de inversión, conocimiento y capacidades internas. Asimismo, Bhamu y Singh Sangwan (2014) destacan que la aplicación aislada de herramientas no garantiza la consolidación de una cultura de mejora continua.

En relación con los desperdicios operacionales, los resultados mostraron problemas asociados con tiempos improductivos, movimientos innecesarios, inventarios acumulados y reprocesos.

Estos hallazgos se relacionan con los principios planteados por Womack y Jones (1996), quienes establecen que la eliminación de actividades sin valor agregado constituye el fundamento de Lean Manufacturing. Además, Shah y Ward (2007) señalan que la reducción sostenible de desperdicios requiere sistemas de medición que permitan evaluar y controlar el desempeño del proceso, aspecto limitado en las empresas analizadas debido al bajo nivel de indicadores operacionales (2,48/5).

Por otra parte, la sostenibilidad operacional presentó el menor nivel de implementación (2,35/5), evidenciando limitada incorporación de prácticas Lean-Green vinculadas con gestión de residuos, eficiencia energética y aprovechamiento de recursos. Este resultado coincide con Siegel et al. (2019), quienes señalan que las PYMES enfrentan dificultades para integrar objetivos productivos y ambientales. De igual manera, Kosasih et al. (2023) destacan la necesidad de desarrollar modelos Lean-Green simplificados y contextualizados para pequeñas industrias manufactureras.

Por lo tanto, la entrevista evidenció como principales barreras la falta de capacitación, ausencia de indicadores y resistencia al cambio. Estos resultados coinciden con Caldera et al. (2017), quienes señalan que la implementación sostenible de Lean requiere fortalecer capacidades internas, liderazgo y participación del talento humano. En conjunto, los hallazgos confirman la necesidad de modelos adaptados al contexto de pequeñas industrias, capaces de integrar eficiencia operacional, sostenibilidad ambiental y desarrollo organizacional.

Conclusiones

La presente investigación permitió evidenciar la necesidad de desarrollar un modelo de mejora operacional sostenible basado en Lean Manufacturing para la reducción de desperdicios en pequeñas industrias manufactureras ecuatorianas, considerando las limitaciones identificadas en la literatura relacionadas con la baja madurez Lean, dificultades para integrar sostenibilidad ambiental y ausencia de modelos adaptados a las condiciones particulares de las pequeñas empresas. El análisis del estado del arte evidenció que, aunque Lean Manufacturing ha demostrado efectividad para mejorar productividad, calidad y eficiencia operacional, persiste una

brecha relacionada con la aplicación de enfoques integrales Lean-Green en organizaciones con recursos limitados.

Desde el enfoque metodológico, la investigación planteó un diseño mixto, descriptivo-propositivo, sustentado en la aplicación complementaria de tres instrumentos: cuestionario diagnóstico Lean-Green, checklist de observación directa y entrevista semiestructurada. Esta estrategia permitió analizar el fenómeno desde una perspectiva integral, considerando tanto la percepción de los actores involucrados como las condiciones reales observadas en los procesos productivos y los factores organizacionales que condicionan la implementación de mejoras.

Los resultados describieron que las pequeñas industrias manufactureras analizadas presentan un nivel inicial de madurez Lean-Green, con prácticas parcialmente desarrolladas en gestión Lean, reducción de desperdicios y cultura organizacional, pero con limitaciones significativas en indicadores operacionales, estandarización de procesos y sostenibilidad ambiental. La triangulación metodológica confirmó que los principales problemas corresponden a la presencia de desperdicios productivos, limitada medición del desempeño, escasa capacitación en herramientas Lean y ausencia de una estrategia integrada de gestión sostenible.

La discusión de resultados permitió establecer que estos hallazgos mantienen coherencia con investigaciones previas sobre Lean Manufacturing aplicado a PYMES, donde se reconoce que la implementación exitosa requiere modelos progresivos, flexibles y contextualizados, capaces de integrar herramientas técnicas con factores humanos y ambientales.

Referencias bibliográficas

Alves, J. R. X., & Alves, J. M. (2020). Lean-Green manufacturing practices and their link with sustainability: A critical review. *Sustainability*, 12(3), 981.

<https://doi.org/10.3390/su12030981>

Antony, J., Sunder, M. V., Sreedharan, V. R., Chakraborty, A., & Gunasekaran, A. (2019). A systematic review of Lean Six Sigma for operational excellence. *International Journal of*

- Quality & Reliability Management, 36(8), 1376–1396. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-12-2018-0343>
- Azevedo, S. G., Carvalho, H., Duarte, S., & Cruz-Machado, V. (2020). Lean-Green manufacturing practices and their link with sustainability: A critical review. *Sustainability*, 12(3), 981. <https://doi.org/10.3390/su12030981>
- Bhamu, J., & Singh Sangwan, K. (2014). Lean manufacturing: Literature review and research issues. *International Journal of Operations & Production Management*, 34(7), 876–940. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-08-2012-0315>
- Caldera, H. T. S., Desha, C., & Dawes, L. (2017). Exploring the role of lean thinking in sustainable business practice: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 167, 1546–1565. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.126>
- Chong, J. Y., & Perumal, P. (2022). Conceptual model for assessing the lean manufacturing implementation maturity level in machinery and equipment of small and medium-sized enterprises. *International Journal of Production Management and Engineering*, 10(1), 23–32. <https://doi.org/10.4995/ijpme.2022.15894>
- Driouach, L., Zarbane, K., & Beidouri, Z. (2019). Literature review of Lean Manufacturing in small and medium-sized enterprises. *International Journal of Technology*, 10(5), 930–941. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v10i5.2718>
- Garza-Reyes, J. A. (2015). Lean and green: A systematic review of the state of the art literature. *Journal of Cleaner Production*, 102, 18–29. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.064>
- Henao, R., Sarache, W., & Gómez, I. (2019). Lean manufacturing and sustainable performance: Trends and future challenges. *Journal of Cleaner Production*, 208, 99–116. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.116>
- Hinojosa Donoso, C. M., & Cabrera Armijos, R. A. (2022). Impacto del Lean Manufacturing en la productividad de las microempresas de Guayaquil. *E-IDEA Journal of Engineering Science*. <https://doi.org/10.53734/esci.vol4.id223>

- Kolla, S. S. V. K., Minoufekar, M., & Plapper, P. (2019). Deriving essential components of lean and industry 4.0 assessment model for manufacturing SMEs. *Procedia CIRP*, 81, 753–758. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.189>
- Kosasih, W., Pujawan, I. N., & Karningsih, P. D. (2023). Integrated Lean-Green Practices and Supply Chain Sustainability for Manufacturing SMEs: A Systematic Literature Review and Research Agenda. *Sustainability*, 15(16), 12192. <https://doi.org/10.3390/su151612192>
- Kosasih, W., Pujawan, I. N., & Karningsih, P. D. (2023). Integrated Lean-Green Practices and Supply Chain Sustainability for Manufacturing SMEs: A Systematic Literature Review and Research Agenda. *Sustainability*, 15(16), 12192. <https://doi.org/10.3390/su151612192>
- Qureshi, M. R. N., Mansour, M., et al. (2022). Accomplishing Sustainability in Manufacturing System for Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs) through Lean Implementation. *Sustainability*, 14(15), 9732. <https://doi.org/10.3390/su14159732>
- Sahoo, S., & Yadav, S. (2021). Determinants and barriers of implementing lean manufacturing practices in MSMEs: A behavioural reasoning theory perspective. *Production Planning & Control*, 33(12), 1145–1160. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1857449>
- Shah, R., & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(4), 785–805. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2007.01.019>
- Siegel, R., Antony, J., Garza-Reyes, J. A., Cherrafi, A., & Lameijer, B. (2019). Integrated green lean approach and sustainability for SMEs: From literature review to a conceptual framework. *Journal of Cleaner Production*, 240, 118205. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118205>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. Simon & Schuster.