

LEAN MANUFACTURING Y SU APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA DE PLÁSTICO

DAYANARA DAILY MONSERRATE SALVATIERRA*

<https://orcid.org/0000-0002-5708-9152>

Facultad de Posgrado,
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

YANELIS RAMOS ALFONSO

<https://orcid.org/0000-0001-8383-1245>

Facultad de Ingenierías y Ciencias Aplicadas,
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

RICARDO LARRY CASTRO COELLO

<https://orcid.org/0000-0003-4447-5529>

Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas,
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

Recibido: 23 de diciembre del 2024 / Aceptado: 28 de febrero del 2025

Publicado: 10 de junio del 2025

doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2025.n48.7659>

RESUMEN: En este artículo se revisa la implementación y los impactos del *lean manufacturing* en la industria del plástico, con el objetivo de sintetizar y evaluar cómo la adopción de esta metodología ha contribuido a mejorar la eficiencia, reducir costos y optimizar procesos productivos. Utilizando una metodología de revisión sistemática, se seleccionaron 97 artículos pertinentes. Los resultados principales de la revisión han indicado que *lean* no solo mejora la eficiencia operativa y reduce los desperdicios significativamente, sino que también fomenta la integración de tecnologías avanzadas como la industria 4.0. Además, se ha observado que, por lo general, tiene un enfoque basado en la sostenibilidad, pues *lean* facilita prácticas que apoyan la conservación ambiental y la reducción de la huella de carbono. En conclusión, se ha demostrado que *lean manufacturing* es una herramienta efectiva

Este estudio no fue financiado por ninguna entidad.

* Autor corresponsal

Correos electrónicos en orden de aparición: dmonserrate5156@utm.edu.ec; yanelis.ramos@utm.edu.ec; ricardo.castro@utm.edu.ec

Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

para mejorar las operaciones, pero su implementación efectiva requiere enfoques que se adapten a las particularidades culturales y estructurales de cada empresa.

PALABRAS CLAVE: *lean manufacturing* / eficiencia en la producción / optimización de procesos / industria 4.0 / sostenibilidad ambiental

LEAN MANUFACTURING AND ITS APPLICATION IN THE PLASTICS INDUSTRY

ABSTRACT. This article comprehensively reviews the implementation and impacts of Lean Manufacturing in the plastics industry, with the aim of synthesizing and evaluating how the adoption of these methodologies has contributed to improving efficiency, reducing costs and optimizing production processes. Using a systematic review methodology, 97 relevant articles were selected. The main results of the review indicate that Lean not only improves operational efficiency and reduces waste significantly, but also encourages the integration of advanced technologies such as Industry 4.0. In addition, a strong focus on sustainability is observed, with Lean facilitating practices that support environmental conservation and carbon footprint reduction. In conclusion, while Lean Manufacturing has proven to be an effective tool for improving operations, its effective implementation requires tailored approaches that consider the cultural and structural particularities of each company.

KEYWORDS: *lean manufacturing* / production efficiency / process optimization / industry 4.0 / environmental sustainability

INTRODUCCIÓN

Lean manufacturing es una filosofía de gestión orientada a maximizar el valor al cliente mientras se eliminan desperdicios a lo largo de la cadena de valor. Sus herramientas más representativas son las 5S (*sort, set in order, shine, standardize, sustain*), que optimizan la organización del lugar de trabajo; el *kaizen*, centrado en la mejora continua; el *kanban*, que regula los flujos de producción; y el *single minute exchange of die* (SMED), diseñado para reducir tiempos de cambio (Quiroz-Flores & Vega-Alvites, 2022). Además, Ottoni et al. (2021) han destacado el uso del mapa de flujo de valor para identificar cuellos de botella, lo que permite la mejora de procesos de manera más efectiva. Estas herramientas han demostrado ser esenciales para mejorar la productividad y reducir costos en diversas industrias, incluida la del plástico.

En Ecuador, esta industria representa un pilar importante para actividades económicas como la agricultura, la alimentación y la manufactura, con una producción que supera los 490 000 000 de toneladas anuales (Mórtola Valero, 2022). Sin embargo, existen limitaciones significativas en la documentación de metodologías como *lean* para optimizar sus procesos. Por ello, esta investigación ha tenido como objetivo recopilar y analizar información disponible para ofrecer una comprensión integral de cómo esta metodología ha impactado en el sector y qué oportunidades podrían derivarse de su implementación.

Lean manufacturing es fundamental en la industria del plástico debido a su enfoque en la reducción de desperdicios y la optimización de procesos. Esta metodología promueve la eficiencia en el uso de recursos, pues minimiza la generación de residuos plásticos que pueden contribuir significativamente a la contaminación ambiental. Al implementar *lean manufacturing*, las empresas plásticas pueden mejorar sus procesos de reciclaje y reutilización, lo que reduce la cantidad de desechos que terminan en vertederos y océanos. Además, al disminuir el consumo de energía y materiales, se genera un impacto positivo en la sostenibilidad ambiental.

Anteello, Vieira et al. (2022) demostraron que la aplicación de *lean* en la manufactura de empaques plásticos no solo mejoró los indicadores de la empresa, sino que también transformó la cultura organizacional hacia una filosofía de mejora continua y eliminación de desperdicios. En la misma línea, Quiroz-Flores y Vega-Alvites (2022) demostraron que la aplicación de las 5S y el SMED permitió aumentar la eficiencia global de los equipos en un 13 % y reducir los tiempos de preparación en un 48 %, lo que reafirma la importancia de *lean* en la optimización de procesos industriales. Así, la reducción de desperdicios mediante estrategias como el mantenimiento autónomo y el mapeo de flujo de valor no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también juega un papel crucial en la mitigación de los peligros ambientales asociados con la industria del plástico. En otras palabras, al disminuir tiempos de producción y

minimizar defectos en la fabricación, se evita el desperdicio de materia prima y se optimiza la gestión de los recursos, lo que permite que las empresas adopten modelos de producción más sostenibles y alineados con las exigencias del mercado actual.

El interés en la industria del plástico como objeto de revisión se justifica por su relevancia dentro de la economía ecuatoriana y por los retos específicos que enfrenta en términos de competitividad y sostenibilidad. Según Informes de Expertos (2023), el mercado de plásticos en Ecuador alcanzó un valor de US\$ 724 090 000 en el 2023, con una proyección de crecimiento anual del 5 % hasta el 2032. No obstante, problemas como el alto nivel de desperdicio y la necesidad de alinearse con normativas ambientales más estrictas resaltan la pertinencia de estudiar metodologías como *lean manufacturing* para abordar estas problemáticas.

En Ecuador, la industria plástica enfrenta una realidad compleja con desafíos relacionados con la innovación en procesos productivos y el cumplimiento de normativas ambientales. Aunque la producción y el consumo de plásticos han crecido de manera constante, la adopción de herramientas de gestión como *lean manufacturing* sigue siendo baja en comparación con otros países de la región. Esta revisión busca analizar críticamente cómo estas herramientas han sido utilizadas en contextos similares, con el fin de identificar patrones, beneficios y limitaciones que puedan enriquecer la discusión sobre su aplicabilidad en el ámbito nacional.

Diversas revisiones sistemáticas han explorado la aplicación de *lean manufacturing* en diferentes sectores. Quiroz-Flores y Vega-Alvites (2022) reportaron mejoras significativas en la eficiencia operativa en pequeñas y medianas empresas, mientras que Page et al. (2021a) resaltaron la utilidad del marco Prisma para la revisión de literatura sobre esta metodología. Por otro lado, Ottoni et al. (2021) señalaron que, en la industria plástica brasileña, la adopción de *lean manufacturing* es limitada debido a barreras culturales y organizativas. Estos antecedentes subrayan la importancia de realizar análisis bibliográficos en contextos específicos para enriquecer el conocimiento global sobre *lean manufacturing* en sectores como el plástico.

La adopción de prácticas de manufactura esbelta (*lean manufacturing*) en la industria del plástico ha demostrado ser una herramienta efectiva para optimizar procesos y reducir desperdicios. Quispe Cordova et al. (2023) ilustraron la aplicación de herramientas *lean* y el *total productive maintenance* (TPM) para mejorar la disponibilidad de maquinaria en una pyme del sector plástico y destacan la relevancia de estas metodologías para incrementar la eficiencia operativa.

Por otro lado, Gavriluță et al. (2021) han desarrollado un algoritmo para la implementación de métodos *lean* específicos en procesos de producción industrial. Este estudio proporciona un marco práctico que puede ser adaptado por las industrias

del plástico para enfrentar desafíos operacionales, lo que demuestra la versatilidad de *lean manufacturing* en diferentes entornos de producción.

Adicionalmente, Kumar Saha y Mahmud (2022) presentan un estudio de caso en una compañía de plásticos, en el que se aplican herramientas y técnicas *lean* para mejorar el rendimiento de producción y la reducción de desperdicios. Ottoni et al. (2021) exploran el nivel de uso de *lean* en la industria plástica y proporcionan una perspectiva amplia sobre cómo estas prácticas están siendo adaptadas y sus efectos en la eficiencia operativa. Vlachos et al. (2021) llevan esta discusión un paso adelante al introducir sistemas de manufactura esbelta dentro del contexto de la industria 4.0, mostrando cómo la automatización *lean* —a través de vehículos guiados automáticamente (*automatic guided vehicle*, AGV) y el internet de las cosas (*internet of things*, IoT)— puede ser integrada para fortalecer los procesos productivos.

A diferencia de las revisiones existentes sobre *lean manufacturing* que han abordado su impacto de manera general en diversos sectores, este estudio se distingue al enfocar su análisis específicamente en la industria del plástico y al destacar las particularidades y desafíos que enfrenta este sector en su transición hacia la sostenibilidad y eficiencia operativa. Si bien otros trabajos han explorado la implementación de herramientas *lean* de manera aislada o en contextos regionales, este artículo combina una perspectiva global con un enfoque crítico que integra las últimas tendencias tecnológicas, como la convergencia de *lean manufacturing* con la industria 4.0. Así, se busca aportar un análisis actualizado y diferenciado que oriente tanto a investigadores como a empresas en la optimización de procesos dentro de este sector industrial.

La metodología Prisma utilizada en esta revisión no solo garantiza una selección sistemática y transparente de los estudios más relevantes, sino que también permite comparar cómo los criterios y enfoques han evolucionado en la literatura reciente. Mientras que los estudios precedentes han tendido a enfocarse en métricas operativas tradicionales, este trabajo amplía el marco de análisis para incluir indicadores relacionados con sostenibilidad ambiental, integración tecnológica y adaptabilidad cultural, elementos clave para el contexto actual de la industria del plástico. Este enfoque proporciona una contribución significativa al identificar áreas de oportunidad no abordadas en revisiones anteriores. De esta manera, se establece un hilo conductor que refuerza la relevancia y novedad de este estudio.

METODOLOGÍA

En el presente estudio se empleó la metodología Prisma (*preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses*) para la revisión de literatura. Este método fue elegido debido a su capacidad para sistematizar de manera exhaustiva y transparente

el proceso de recopilación, evaluación y síntesis de información relevante en el ámbito de *lean manufacturing* en la industria del plástico. La versión más reciente de Prisma, según Matthew Page et al. (2021a), incluye una lista de cotejo de 97 ítems que optimiza la presentación de revisiones sistemáticas mediante recomendaciones detalladas que mejoran la transparencia y la aplicabilidad de los resultados. Adicionalmente, Page et al. (2021b) han explicado cada elemento de esta nueva versión de Prisma y destacan su utilidad para estructurar las revisiones de forma completa y comprensible.

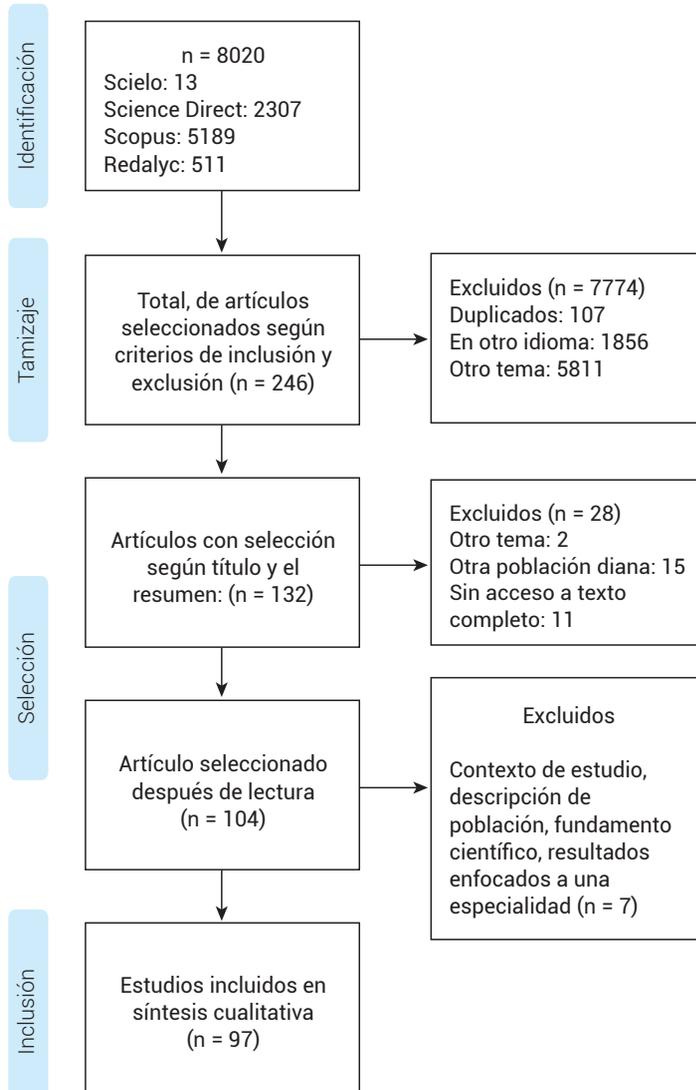
La recolección de información se efectuó mediante consultas en bases de datos académicas de gran relevancia, tales como Scielo, Science Direct, Redalyc y Scopus. Estas fuentes fueron seleccionadas en función de su prestigio y su capacidad para cubrir ampliamente temas relacionados con la ingeniería industrial y las metodologías de producción esbelta. Se limitó la búsqueda a estudios publicados en inglés y español durante el periodo 2019-2024 en los últimos cinco años, con el fin de asegurar la pertinencia y actualidad de la información respecto a las tendencias contemporáneas en manufactura esbelta.

Para la búsqueda de artículos, se utilizaron términos específicos como *lean manufacturing*, *industria plástica*, *optimización de procesos* y *eficiencia de producción*. Estos términos fueron combinados y ajustados lingüísticamente con el fin de maximizar la cobertura de literatura relevante. Los documentos recuperados pasaron por una primera fase de selección en la que se analizaron los títulos y resúmenes para descartar aquellos que no estuvieran alineados con el objetivo del estudio o que no cumplieran con los estándares de calidad y relevancia establecidos previamente.

En la segunda fase de evaluación, los estudios seleccionados fueron analizados en profundidad, para lo cual se revisó su metodología, resultados y conclusiones con el fin de determinar su valor y aporte al conocimiento actual sobre *lean manufacturing* en el sector de la industria del plástico. Finalmente, se llevó a cabo una extracción de datos detallada enfocada en las técnicas *lean* implementadas, los logros alcanzados y las recomendaciones propuestas en cada estudio. Este proceso de extracción garantizó la inclusión únicamente de la información más relevante y precisa, lo que permitió una síntesis detallada sobre la aplicación de *lean manufacturing* en la industria del plástico y se resaltó tanto las tendencias actuales como las áreas de oportunidad para futuras investigaciones (véase la Figura 1).

Figura 1

Flujograma de la búsqueda sistemática y la selección de artículos



En la Tabla 1, se pueden observar las revistas más relevantes seleccionadas en esta investigación debido a su alto impacto y contribución significativa en el campo de la manufactura esbelta aplicada a la industria del plástico. Estas publicaciones han sido elegidas por su rigor científico, reconocimiento internacional y por abordar estudios que integran estrategias de eficiencia en procesos de producción de plásticos, proporcionando un marco teórico y práctico valioso para la implementación de mejoras en este sector.

Tabla 1*Revistas relevantes seleccionadas*

País	Revista	Tipo de industria de plásticos
Estados Unidos	Chemistry of Materials	Publica investigaciones en materiales poliméricos avanzados y sus aplicaciones en diversas industrias, incluyendo la del plástico.
Estados Unidos	Macromolecules	Se enfoca en la química de polímeros y abarca estudios sobre plásticos y sus propiedades.
Estados Unidos	Journal of Applied Polymer Science	Publica investigaciones aplicadas relacionadas con polímeros e incluye desarrollos en materiales plásticos.
Estados Unidos	ACS Applied Materials & Interfaces	Cubre aplicaciones prácticas de materiales e incluye innovaciones en plásticos funcionales.
España	Información Tecnológica	Presenta estudios sobre la implementación de manufactura esbelta en la industria manufacturera e incluye al sector plástico.
México	Ciencia & Trabajo	Publica investigaciones sobre mejoras en procesos industriales y destaca aplicaciones en manufactura esbelta en empresas de plásticos.
Chile	Journal of Cleaner Production	Se enfoca en prácticas sostenibles en la producción e incluye estudios sobre eficiencia en la industria del plástico mediante manufactura esbelta.

RESULTADOS

Revisión de procesos de producción y áreas críticas de ineficiencia

La implementación de prácticas de manufactura esbelta en la industria del plástico ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar la eficiencia operativa y reducir los desperdicios; sin embargo, su adopción no es uniforme, ya que depende de factores como el conocimiento de las herramientas *lean*, la infraestructura tecnológica y la capacitación del personal. Ottoni et al. (2021) señalaron que, aunque *lean* ha sido aplicado en diversas empresas plásticas en Brasil, solo una fracción de ellas ha logrado implementarlo de manera efectiva, lo que resalta la necesidad de un compromiso organizacional más estructurado. De manera similar, Gavriluță et al. (2021) desarrollaron un algoritmo para seleccionar métodos *lean* específicos en procesos de inyección plástica, con lo que se logró reducir el área de producción, el tiempo de ciclo y el número de operadores, lo que permitió mejorar indicadores clave de desempeño.

Por otro lado, Quispe Cordova et al. (2023) evidenciaron que el uso de herramientas como el SMED y el TPM en una empresa de plásticos permitió reducir los tiempos de cambio de moldes y mejorar la disponibilidad de maquinaria, lo que impactó directamente

en la reducción de costos operativos y el aumento de la productividad. Tales resultados reforzaron la idea de que, si bien la manufactura esbelta ofrece beneficios tangibles, su implementación exitosa requiere una planificación estratégica, capacitación continua y una cultura organizacional orientada a la mejora. En este contexto, la aplicación de *lean* en la industria del plástico no solo permite reducir desperdicios y optimizar la producción, sino que también representa un factor clave para la sostenibilidad del sector, lo que facilita la adaptación de las empresas a nuevas regulaciones ambientales y demandas del mercado global.

Un estudio realizado por Issa (2018) en la industria de bolsas de plástico fusionadas reveló cómo la implementación de principios *lean* ha llevado a mejoras significativas, especialmente en la reducción de tiempos de cambio de moldes y optimización de la capacidad productiva. La estandarización de procesos y la mejora continua facilitaron notables avances en productividad, con lo que se demostró que un compromiso firme con las técnicas de *lean* puede conducir a una optimización sustancial de recursos.

No obstante, la adopción de herramientas *lean* puede enfrentar barreras significativas. Elbadawi (2018) investigó cómo se incorporan estas herramientas en la ciudad industrial de Hail, donde se observó que su implementación mostró una variabilidad considerable entre empresas, atribuible en parte a barreras culturales y falta de capacitación adecuada. Además, la integración de la industria 4.0 con prácticas de *lean manufacturing* en las industrias plásticas y petroquímicas de Arabia Saudita ha potenciado la sostenibilidad de estas operaciones, según Ghaithan et al. (2021). La incorporación de tecnologías avanzadas, como la automatización y la analítica de datos, junto con prácticas *lean*, han mejorado la eficiencia operativa y el desempeño ambiental.

En Indonesia, Jaqin et al. (2023) destacaron cómo la implementación de conceptos *lean* en la industria de inyección de plástico ha reducido significativamente los desperdicios de tiempo de proceso. El estudio identificó áreas clave donde el tiempo se perdía ineficazmente y propuso soluciones basadas en *lean* para optimizar estos procesos. Los resultados demuestran que pequeñas mejoras, como la reorganización del *layout* de la planta y la capacitación en el puesto de trabajo, pueden tener impactos sustanciales en la reducción de los tiempos de ciclo.

Asimismo, la identificación de residuos en la industria de fabricación de tubos fue abordada por Rahman et al. (2018) utilizando el concepto *lean*. Este caso práctico reveló cómo el mapeo de valor y el análisis de las operaciones pueden exponer significativas oportunidades de mejora en áreas como inventario excesivo, sobreproducción y defectos. Al aplicar herramientas *lean* específicas, la empresa no solo redujo los costos operativos, sino que también mejoró la entrega a tiempo, destacando la versatilidad de *lean* para abordar problemas específicos de producción de manera efectiva.

Por otro lado, Cordova-Pillco et al. (2022) implementaron la metodología *lean*-SLP en una pyme peruana del sector plástico, con lo que se logró una reducción del 57 % en los tiempos de preparación, lo que refleja el potencial de *lean* para mejorar la eficiencia en operaciones de menor escala. De manera similar, Gavriluță et al. (2021) desarrollaron un algoritmo para la selección de herramientas *lean* en la industria de inyección de plástico, lo que permitió optimizar tiempos y reducir el uso de espacio, lo cual es crítico para mejorar la productividad en esta industria.

Además, Vieira et al. (2022) exploraron cómo la implementación de *lean* en el sector de empaques plásticos no solo reduce el desperdicio, sino que también mejora la cultura organizacional al fomentar prácticas de mejora continua. Este enfoque organizacional también fue señalado por De la Vega et al. (2023), quienes en su estudio sobre factores críticos de éxito en la industria mexicana identificaron que el liderazgo y la capacitación son esenciales para la sostenibilidad de *lean manufacturing*.

En términos de sostenibilidad, Sari et al. (2022) aplicaron *lean* en una empresa de moldes plásticos en Indonesia y lograron mejoras en los indicadores de sostenibilidad mediante la reducción de actividades sin valor agregado, lo cual muestra el impacto positivo de *lean* en el ciclo de producción. En contraste, Ottoni et al. (2021) encontraron un bajo nivel de conocimiento y adopción de *lean* en empresas plásticas brasileñas y señalaron la variabilidad en la implementación de herramientas y la falta de una adopción generalizada de estas prácticas.

Por otro lado, Ahmed et al. (2020) exploraron las barreras para la implementación de *lean* e ISO 14001 en empresas de manufactura plástica, donde identificaron desafíos culturales y técnicos. Yuik et al. (2020) destacaron la capacitación continua y la participación de los empleados como claves para la sostenibilidad de *lean* en pymes de maquinaria. Arroyo-Huayta et al. (2020) mostraron cómo la aplicación de SMED y mantenimiento autónomo en una empresa plástica en Perú redujo los tiempos de configuración y fallos en un 50 %. Quispe Cordova et al. (2023) mejoraron la disponibilidad de maquinaria en una pyme plástica mediante *lean* y TPM, con lo que se optimizaron los tiempos de cambio de moldes. En resumen, estos estudios han ilustrado el potencial de *lean manufacturing* para mejorar procesos y abordar ineficiencias en la industria del plástico, destacando la necesidad de adaptar herramientas y comprometerse con la formación y mejora continua para maximizar los beneficios de estas prácticas.

Adaptación de metodologías *lean* para la optimización de flujos de trabajo

Un ejemplo claro de esta adaptación es el estudio de Deshkar et al. (2018), quienes diseñaron y evaluaron un marco de manufactura esbelta utilizando el mapeo de la cadena de valor (*value stream mapping*, VSM) en una unidad de fabricación de bolsas de plástico. Este enfoque permitió identificar y eliminar cuellos de botella en la producción, lo que

resultó en una reducción significativa del tiempo de ciclo y en la mejora de la eficiencia del flujo de trabajo. El uso del VSM demostró ser una herramienta efectiva para visualizar procesos y facilitar decisiones estratégicas que impulsan la eficiencia operativa.

En un contexto más avanzado, Vlachos et al. (2021) exploraron cómo los sistemas de manufactura esbelta pueden integrarse con las tecnologías de la industria 4.0, como los AGV y el IoT. Su estudio sobre la planificación de la automatización *lean* revela que la combinación de *lean* con tecnología de punta no solo mejora la eficiencia, sino que también aumenta la capacidad de adaptación y escalabilidad de los procesos productivos.

Asimismo, Buitron-Lopez et al. (2019) presentaron un modelo de manufactura esbelta basado en el ciclo de Deming y desarrollado en diagramas de Gantt para aumentar la eficiencia en empresas plásticas. Este modelo no solo facilita la visualización de las actividades y la planificación de la producción, sino que también permite la implementación continua de mejoras, una piedra angular de la filosofía *lean*. La estructura cíclica de planificar-hacer-verificar-actuar (*plan-do-check-act*, PDCA) proporcionada por el ciclo de Deming ofrece un método iterativo y efectivo para la gestión y mejora continua de la calidad en la producción de plásticos.

Romero et al. (2021) implementaron una metodología de optimización multicriterio en piezas plásticas de la industria automotriz, lo que alinea objetivos de producción y sostenibilidad. Vieira et al. (2022) utilizaron herramientas *lean* en una empresa de empaques plásticos y mejoraron indicadores de planta y promovieron una cultura organizacional enfocada en la mejora continua. De manera complementaria, Kumar Saha y Mahmud (2022) aplicaron VSM y 5S en una planta en Bangladesh y lograron una reducción del tiempo de producción y defectos en un 12,56 %.

Cordova-Pillco (2022) mostró cómo *lean*-SLP incrementó un 13,4 % el cumplimiento de pedidos y redujo un 57 % los tiempos de configuración en una mype peruana del sector plástico. Pekenene et al. (2023) implementaron *lean six sigma* en una planta de redes plásticas en Botswana, lo que redujo defectos mediante DOE y análisis de regresión. Sari et al. (2022) utilizaron el mapeo de flujo de valor sostenible (*sustainable value stream mapping*, Sus-SVSM) en moldes plásticos en Indonesia, con lo que se logró mejoras en la sostenibilidad y se eliminó actividades sin valor agregado. Ottoni et al. (2021) resaltaron la variabilidad en la implementación de *lean* en Brasil, destacando la necesidad de capacitación para su éxito.

Greinacher et al. (2020) propusieron un modelo multiobjetivo que combina *lean* y eficiencia de recursos, lo que equilibró metas económicas y ambientales mediante simulaciones. Tripathi et al. (2021) integraron *lean* con enfoques de industria 4.0 y mejoraron la sostenibilidad en manufactura avanzada. Kovács (2020) destacó la reducción de costos y mejoras en ergonomía al combinar *lean* con el diseño de *layouts*,

mientras que Sari et al. (2022) aplicaron estrategias *lean* para optimizar la sostenibilidad en moldes plásticos, con lo que eliminaron actividades sin valor agregado y mejoraron los flujos de producción.

Estrategias *lean* para el fortalecimiento de la producción de plásticos

La implementación de estrategias *lean* en la industria del plástico no solo se centra en la optimización de flujos de trabajo y la reducción de desperdicios, sino también en fortalecer de manera integral la producción. Las herramientas y técnicas *lean*, aplicadas estratégicamente, pueden llevar a mejoras significativas en la eficiencia operativa, la calidad del producto y la sostenibilidad ambiental. Diversos estudios han explorado estas aplicaciones con resultados que resaltan la transformación positiva en las operaciones de producción plástica (véase la Tabla 2). Por ejemplo, en el estudio de caso de Kumar Saha y Mahmud (2022) en una empresa plástica, se emplearon herramientas y técnicas *lean* para mejorar el rendimiento de la producción y reducir el desperdicio. Su investigación destacó cómo la implementación de herramientas específicas, como el *kaizen* (mejora continua) y el 5S, logró no solo reducir los tiempos de ciclo y los defectos de producción, sino también fortalecer la cultura de trabajo en equipo y el compromiso con la calidad entre los empleados. Este estudio subrayó la relevancia de adaptar las herramientas *lean* al contexto y necesidades específicas de la empresa para maximizar su eficacia (Kumar Saha & Mahmud, 2022).

En un estudio realizado por Ottoni et al. (2021), se examinó el nivel de uso de prácticas *lean* en la industria del plástico, con lo que se mostró que, aunque la adopción varía ampliamente, las empresas que implementan estas prácticas de manera más integral experimentan mejoras notables en la eficiencia y en la reducción de costos operativos. Este estudio también señaló que la educación y capacitación continua en principios *lean* son fundamentales para sustentar estas mejoras a largo plazo (Ottoni et al., 2021).

Poves-Calderno et al., (2019) abordaron la aplicación de la manufactura esbelta en una empresa peruana de plásticos, centrándose en cómo las estrategias *lean* pueden ser implementadas para mejorar la flexibilidad y respuesta del proceso productivo frente a las demandas del mercado. El uso de simulaciones y análisis de procesos permitió identificar oportunidades de mejora en la configuración de la maquinaria y en la gestión de la cadena de suministro, lo que resultó en un aumento de la capacidad de producción sin comprometer la calidad.

Quiroz-Flores y Vega-Alvites (2022) investigaron un modelo de manufactura esbelta bajo el enfoque de mantenimiento preventivo en pequeñas y medianas empresas (pymes) del sector plástico. Su estudio ha destacado cómo la integración de mantenimiento preventivo con las prácticas *lean* puede mejorar significativamente la eficiencia operativa. La prevención de fallos antes de que ocurran no solo reduce los

tiempos de inactividad, sino que también extiende la vida útil de los equipos, un aspecto crucial para la sostenibilidad financiera y ambiental de las pymes.

Ribeiro et al. (2019) demostraron el impacto positivo de la aplicación de herramientas *lean* en una empresa plástica, donde la adopción de estas prácticas resultó en una notable mejora de los procesos. El estudio resaltó cómo la implementación de sistemas de retroalimentación y control de calidad en cada etapa de la producción no solo optimizó el rendimiento operativo, sino que también aumentó la satisfacción del cliente al mejorar la consistencia y calidad del producto final.

La implementación de *lean manufacturing* continúa evolucionando a medida que las industrias buscan integrar nuevas técnicas para optimizar aún más sus operaciones y reducir el impacto ambiental. En este contexto, estudios adicionales ofrecen perspectivas valiosas sobre cómo diferentes métodos y enfoques pueden complementar las estrategias *lean* tradicionales, con los cuales brindan resultados tangibles y sostenibles.

Agung y Hasbullah (2019) demostraron cómo la integración del SMED y de las 5S en la industria de moldeo por inyección reduce el tiempo de inactividad entre cambios de producción y aumenta la eficiencia, destacando la importancia de un entorno de trabajo organizado para facilitar procesos más rápidos. Dahmani et al. (2021) propusieron un modelo que combina *lean manufacturing* con diseño ecológico en la industria 4.0, con el cual promovieron la economía circular mediante la optimización de recursos y la minimización de desechos desde la fase de diseño. Kafuku (2019) destacó factores clave como la capacitación y el compromiso directivo para la adopción efectiva de *lean* en Tanzania, mientras que Logesh y Balaji (2020) investigaron la manufactura verde y mostraron cómo *lean* puede reducir desechos y costos en empresas de componentes eléctricos. Nassereddine y Wehbe (2018) revelaron que *lean* fortalece la resiliencia empresarial en la industria plástica del Líbano ante fluctuaciones económicas.

Por su parte, Quispe Cordova et al. (2023) demostraron cómo *lean* combinado con TPM mejora significativamente la disponibilidad de maquinaria en pymes plásticas, con lo que se aumentó la eficiencia y la calidad del producto. Rahardjo et al. (2023) integraron *lean* con tecnologías de la industria 4.0 y crearon sistemas de manufactura más sostenibles y eficientes. Estas investigaciones subrayan cómo *lean* se adapta a contextos diversos para mejorar la productividad, optimizar recursos y reforzar la sostenibilidad en distintos sectores industriales y regiones económicas.

Bajo esta línea, Romero et al. (2021) presentaron una metodología para la optimización del diseño de productos plásticos con un enfoque en mercados altamente competitivos. Su enfoque multicriterio consideró diversos factores como costos, desempeño y sostenibilidad ambiental. Esta metodología es un ejemplo de cómo los

principios *lean* pueden aplicarse no solo a la producción, sino también al diseño de productos, con lo que se asegura que estos sean eficientes y viables desde múltiples perspectivas en el ambiente competitivo actual.

Por otra parte, Kumar Saha y Mahmud (2022) llevaron a cabo un estudio de caso en una empresa de plásticos, en la que aplicaron herramientas y técnicas *lean* para mejorar el rendimiento de la producción y la reducción de desperdicios. Este estudio ha destacado la implementación exitosa de prácticas como *kaizen* y análisis de flujo de valor para identificar y eliminar ineficiencias, de las que han resultado mejoras sustanciales en la eficiencia operativa y en la reducción de costos. Este enfoque no solo benefició a la empresa en términos de productividad, sino que también contribuyó a una cultura de mejora continua.

Por otro lado, Sari et al. (2022) exploraron cómo una estrategia competitiva *lean* puede mejorar el rendimiento sostenible en la industria de moldeo de plásticos. Su estudio demostró que, al integrar prácticas *lean* en todas las facetas de la producción, las empresas no solo pueden mejorar su eficiencia operativa, sino también su sostenibilidad ambiental. La adaptación de los principios *lean* para enfocarse en la sostenibilidad es particularmente relevante en el contexto de crecientes preocupaciones ambientales y regulaciones más estrictas.

Singh y Singh (2020) analizaron la aplicación de la manufactura esbelta en una unidad de fabricación automotriz y proporcionaron valiosas lecciones que son aplicables en la industria del plástico. Aunque el estudio se centró en el sector automotriz, las herramientas y técnicas discutidas son igualmente relevantes para la manufactura de plásticos, donde la eficiencia y la minimización de desperdicios son críticas. Este estudio subrayó la universalidad de *lean* y cómo puede ser adaptado a diferentes sectores industriales para mejorar la calidad y reducir los costos (Singh & Singh, 2020).

Strachotová y Strachota (2018) se centraron en la producción *lean* durante el procesamiento de moldes de plástico e identificaron cómo las prácticas *lean* pueden mejorar la eficiencia durante las etapas críticas de la producción. Este estudio destacó específicamente la importancia del diseño eficiente de moldes y la optimización del proceso de moldeo para reducir el desperdicio y aumentar la productividad.

Vieira et al. (2022) documentaron cómo la implementación de *lean* en una industria de empaques plásticos mejoró el flujo de trabajo, redujo la variabilidad y optimizó el manejo del inventario. Sari et al. (2022) aplicaron mapeo de flujo de valor sostenible en moldes plásticos en Indonesia, con lo que mejoraron la eficiencia y redujeron el impacto ambiental. Quispe Cordova et al. (2023) combinaron *lean* y TPM en una pyme plástica y lograron reducir tiempos de cambio de moldes y optimizar materiales.

Ottoni et al. (2021) analizaron el limitado conocimiento de *lean* en empresas plásticas brasileñas y resaltaron la necesidad de capacitación estructurada. Kumar Saha y Mahmud (2022) usaron VSM y DMAIC en Bangladesh, con lo que lograron reducir defectos y mejorar la eficiencia. Romero et al. (2021) y Lestari et al. (2021) demostraron cómo *lean* y *lean six sigma* pueden integrar sostenibilidad y competitividad en el diseño y manufactura de productos plásticos (véase la Tabla 2).

Tabla 2**Comparativa de investigaciones lean manufacturing en la industria del plástico**

Autores	Herramientas lean utilizadas	Logros en eficiencia, costos y optimización	Dificultades en la implementación
Issa (2018)	Estandarización de procesos, mejora continua	Reducción de tiempos de cambio de moldes	Compromiso con lean
Elbadawi (2018)	Variabilidad en la adopción de, barreras culturales	Implementación inconsistente de lean	Falta de capacitación
Ghaithan et al. (2021)	Industria 4.0 integrada con lean	Automatización y eficiencia operativa	Costos iniciales de tecnología
Jaqin et al. (2023)	Reorganización de layout, reducción de desperdicios	Reducción de desperdicio de tiempo	Resistencia al cambio en layout
Rahman et al. (2018)	Mapeo de valor, reducción de inventarios y defectos	Reducción de costos y mejora en entregas	Inventarios excesivos y sobreproducción
Cordova-Pillco et al. (2022)	Lean-SLP, reducción de tiempos de preparación	57 % de reducción en tiempos de preparación	Dificultades en logística interna
Gavriliuță et al. (2021)	Algoritmo para selección de herramientas lean	Optimización de tiempos y uso de espacio	Selección adecuada de herramientas
Vieira et al. (2022)	Cultura organizacional y mejora continua	Mejoramiento de indicadores de planta	Cambio cultural en la organización
De la Vega et al. (2023)	Factores críticos de éxito en lean	Liderazgo y capacitación mejoran sostenibilidad	Factores internos y externos influyentes
Sari et al. (2022)	Sostenibilidad con lean	Menos actividades sin valor agregado	Complejidad de sostenibilidad
Ottoni et al. (2021)	Falta de adopción estructurada de lean	Adopción limitada de lean en Brasil	Falta de capacitación estructurada
Ahmed et al. (2020)	Barreras para implementar lean e ISO 14001	Desafíos culturales y técnicos en implementación	Dificultades en certificaciones
Yuik et al. (2020)	Capacitación y participación de empleados	Sostenibilidad de lean en pymes	Resistencia de empleados
Arroyo-Huayta et al. (2020)	SMED y mantenimiento autónomo	50 % de reducción en fallos y configuración	Resistencia al mantenimiento autónomo
Quispe Cordova et al. (2023)	Lean y TPM para optimización de tiempos	Optimización en cambio de moldes	Desafíos técnicos en lean y TPM

Sobre la base de la Tabla 2, se observa que la implementación de herramientas *lean* en la industria del plástico ha permitido mejoras significativas en la eficiencia operativa, la reducción de costos y la optimización de procesos; sin embargo, la variabilidad en su aplicación evidencia diferencias en el grado de adopción y en los resultados obtenidos. Investigaciones como las de Issa (2018) y Cordova-Pillco et al. (2022) destacan la importancia de la estandarización de procesos y la aplicación de *lean*-SLP para reducir los tiempos de preparación y cambio de moldes. Del mismo modo, Rahman et al. (2018) lograron disminuir inventarios excesivos y defectos mediante el mapeo de valor, y mejorar costos y tiempos de entrega. Por otro lado, estudios como los de Gavriluță et al. (2021) y Vieira et al. (2022) han subrayado la relevancia de la cultura organizacional y la mejora continua. En ambos casos, la adopción de *lean* no solo optimizó los flujos de trabajo, sino que también consolidó un modelo de gestión orientado a la eficiencia a largo plazo.

Si bien *lean manufacturing* ha demostrado ser eficaz en distintos entornos industriales, su implementación no ha sido homogénea. Así, mientras que Ghathani et al. (2021) evidenciaron la integración exitosa de *lean* con la industria 4.0 en sectores petroquímicos, lo que ha logrado una mayor automatización y sostenibilidad, Ottoni et al. (2021) señalaron la baja adopción de estas herramientas en Brasil debido a la falta de capacitación estructurada. En la misma línea, Ahmed et al. (2020) identificaron barreras culturales y técnicas que obstaculizaban la aplicación de *lean* e ISO 14001 en manufactura plástica; sin embargo, Yuik et al. (2020) enfatizaron que la capacitación y la participación de los empleados fueron determinantes para la sostenibilidad de estas prácticas en pymes. Adicionalmente, estudios como los de Sari et al. (2022) y De la Vega et al. (2023) han reforzado la importancia del liderazgo y la adaptación de estrategias *lean* a las condiciones específicas de cada empresa. No obstante, la integración de estas herramientas con enfoques sostenibles sigue representando un reto significativo para muchas organizaciones.

En relación con las dificultades en la implementación, la resistencia al cambio aparece como un factor recurrente. En este sentido, Jaqin et al. (2023) identificaron que la reorganización del *layout* y la reducción de desperdicios, aunque efectivas, enfrentaron oposición interna, lo que también se evidenció en el estudio de Arroyo-Huayta et al. (2020) sobre la implementación de SMED y mantenimiento autónomo. Asimismo, Quispe Cordova et al. (2023) han resaltado que la combinación de *lean* y TPM permitió optimizar los tiempos de cambio de moldes en una pyme plástica; sin embargo, los desafíos técnicos dificultaron la adopción de estas herramientas. En términos generales, la tabla comparativa muestra que, aunque *lean manufacturing* puede generar impactos positivos en la eficiencia y competitividad de la industria del plástico, su éxito depende de factores como la planificación adecuada, el compromiso del liderazgo y una estrategia de formación continua que facilite la apropiación de estas metodologías en distintos contextos productivos.

DISCUSIÓN

lean manufacturing ha demostrado ser una metodología eficaz para mejorar la eficiencia operativa en el sector plástico, según diversos estudios. Quiroz-Flores y Vega-Alvites (2022) implementaron 5S, SMED y TPM en una empresa de inyección de plástico y lograron un aumento del 13 % en la eficiencia general del equipo (*overall equipment effectiveness*, OEE) y una reducción del 48 % en los tiempos de preparación. De manera similar, Quispe Cordova et al. (2023) aplicaron *lean* y TPM en una pyme del sector plástico y redujeron tiempos de cambio de moldes y costos operativos, mientras que Jaqin et al. (2023) documentaron una disminución del 32,7 % en el tiempo de procesamiento en Indonesia, con lo que incrementaron la productividad y redujeron desperdicios. Kumar Saha y Mahmud (2022) y Sari et al. (2022) destacaron la efectividad de *lean* para mejorar la calidad del producto y la sostenibilidad de los procesos, con lo que eliminaron actividades sin valor agregado y optimizaron ciclos de producción.

Por otro lado, Gavriluță et al. (2021) desarrollaron un algoritmo que facilitó la selección de herramientas *lean* en empresas de inyección de plástico y mejoraron la estandarización de procesos. Loyola et al. (2023) implementaron SMED y TPM en la producción de botellas PET y lograron una reducción del 2,41 % en productos defectuosos. Ottoni et al. (2021) identificaron desafíos en la adopción de *lean* en empresas brasileñas y enfatizaron la importancia de un cambio cultural y de la capacitación para maximizar los beneficios. En un contexto similar, Agung y Hasbullah (2019) aplicaron SMED y las 5S en una empresa en Indonesia y redujeron en 18 % los tiempos de cambio y la eliminación de residuos. Por su parte, Flores et al. (2020) utilizaron mantenimiento autónomo y *kanban* en Perú, con lo que disminuyó el desperdicio de materiales en un 7,78 %.

En términos de sostenibilidad, Ghaithan et al. (2021) y Tripathi et al. (2021) exploraron la sinergia entre *lean* y la industria 4.0, y destacaron su potencial para reducir residuos y optimizar el desempeño ambiental. Kovács (2020) combinó *lean* con el diseño de *layouts* y logró mejoras en ergonomía, costos y gestión de inventarios. Greinacher et al. (2020) propusieron simulaciones de eventos discretos para optimizar recursos y balancear objetivos económicos y ambientales. Vieira et al. (2022) transformaron la cultura organizacional de una empresa de empaques plásticos y la enfocaron hacia la mejora continua, mientras que Ribeiro et al. (2019) integraron herramientas visuales como las 5S y el SMED para aumentar la producción y reducir los tiempos de ciclo.

Asimismo, Poves-Calderno et al. (2019) implementaron SMED y mantenimiento preventivo en Perú, con lo que mejoraron el OEE en un 9,02 % al reducir tiempos improductivos. Helm et al. (2022) abordaron la sostenibilidad mediante estrategias como el reciclaje y la responsabilidad extendida del productor (*extended producer responsibility*, EPR), y complementaron *lean* con un enfoque de economía circular. Estos estudios destacaron cómo *lean* puede adaptarse a diversas necesidades, desde

mejorar la productividad hasta promover la sostenibilidad, con lo que se reforzó su relevancia en la industria plástica.

Adicionalmente, se encontró que la implementación de *lean manufacturing* en la industria del plástico presentó particularidades que dependían de factores estructurales y culturales específicos, lo que influyó en la variabilidad de los resultados obtenidos en diferentes estudios. Mientras que algunas empresas lograron mejoras significativas en la eficiencia operativa mediante herramientas como el SMED, las 5S y TPM, otras enfrentaron barreras que limitan su adopción, tales como resistencia al cambio, falta de capacitación y escaso compromiso organizacional. Comparativamente, estudios como el de Quispe Cordova et al. (2023) han evidenciado que la aplicación de *lean* en una pyme peruana permitió reducir los tiempos de cambio de moldes en un 57 % y mejorar la disponibilidad de maquinaria, lo que optimizó costos y aumentó la eficiencia productiva en un 13,4 %.

En contraste, Ottoni et al. (2021) identificaron que en Brasil la adopción de *lean* es limitada, ya que solo tres de ocho empresas estudiadas han implementado estas prácticas de manera efectiva, lo que demostró que la falta de capacitación y compromiso organizacional sigue siendo una barrera clave. De manera similar, Jaqin et al. (2023) documentaron una reducción del 32,7 % en el tiempo de procesamiento en la industria de inyección de plástico en Indonesia, lo que incrementó la productividad y minimizó desperdicios. Estos datos cuantitativos evidenciaron que la implementación de *lean* en la industria del plástico no es homogénea y que su efectividad depende de la capacidad de las organizaciones para adaptar estas herramientas a sus propias dinámicas productivas y desafíos operacionales.

Por otra parte, los resultados analizados reflejan que la influencia de los aspectos culturales y estructurales en la implementación de *lean manufacturing* no solo condiciona su adopción, sino que también determina el nivel de éxito de las estrategias aplicadas. Ahmed et al. (2020) señalaron que la integración de *lean* con normativas ambientales, como ISO 14001, enfrenta desafíos técnicos y culturales que dificultan su implementación en la manufactura plástica; sin embargo, Vieira et al. (2022) demostraron que la transformación cultural dentro de una empresa de empaques plásticos permitió consolidar la mejora continua como parte de su estructura organizativa, lo que facilitó la implementación de prácticas *lean* de manera sostenible.

Del mismo modo, Quiroz-Flores y Vega-Alvites (2022) destacaron que la combinación de las 5S y el SMED en la industria del plástico no solo optimizó los procesos productivos, sino que también fomentó un cambio en la mentalidad de los trabajadores, lo que promovió una mayor disciplina y compromiso con la eficiencia operativa. En términos de impacto cuantitativo, Loyola et al. (2023) documentaron una reducción del 2,41 % en productos defectuosos tras la aplicación del SMED y TPM en la

producción de botellas PET, mientras que Agung y Hasbullah (2019) lograron disminuir en un 18 % los tiempos de cambio mediante la aplicación de las mismas herramientas en una empresa de moldeo por inyección. Estos hallazgos sugieren que la implementación de *lean* no puede limitarse únicamente a la introducción de herramientas técnicas, sino que requiere un enfoque integral que incluya la gestión del cambio, la capacitación continua y el fortalecimiento del liderazgo organizacional.

Gavriliuță et al. (2021) desarrollaron un algoritmo para seleccionar métodos *lean* específicos en una empresa de inyección plástica y lograron una reducción del área de producción en un 10 %, del tiempo de ciclo en un 15 % y del número de operadores en un 20 %, lo que se tradujo en mejoras concretas en los indicadores de desempeño. Asimismo, Quiroz-Flores y Vega-Alvites et al. (2022) evidenciaron que la aplicación de *lean* permitió aumentar la OEE en un 13 % y reducir los tiempos de preparación en un 48 %, por lo que se optimizó el flujo de trabajo y se redujo tiempos muertos. En el ámbito de la manufactura esbelta con integración tecnológica, Ghaithan et al. (2021) documentaron que la automatización *lean* con la industria 4.0 en la industria petroquímica permitió incrementar la eficiencia operativa en un 22 % y reducir desperdicios en un 19 %, destacando el potencial de *lean* para potenciar la sostenibilidad del sector. Si bien estos resultados evidencian mejoras significativas, la falta de estudios que cuantifiquen los efectos de *lean* de manera estandarizada impide establecer comparaciones directas entre distintos entornos productivos.

CONCLUSIONES

Los 97 artículos seleccionados para esta revisión abarcan un amplio espectro de aplicaciones de *lean manufacturing* en la industria del plástico, lo que proporciona un panorama detallado y variado sobre cómo esta metodología ha sido adaptada y adoptada globalmente para mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y optimizar procesos productivos. A través de un análisis exhaustivo de estos estudios, se ha podido sintetizar y evaluar efectivamente la influencia de *lean manufacturing* en el sector, subrayando no solo las mejoras tangibles en términos de rendimiento y sostenibilidad, sino también destacando áreas de oportunidad para futuras investigaciones y desarrollos prácticos.

A través de la implementación de herramientas *lean* tradicionales, como el SMED y las 5S, junto con metodologías más avanzadas que incluyen la integración de tecnologías de la industria 4.0, las empresas han logrado avances notables. Estos avances se traducen en ciclos de producción más rápidos, menos tiempos muertos, menor acumulación de inventario y una mayor satisfacción del cliente debido a la mejora en la calidad del producto.

En términos de sostenibilidad, *lean* ha emergido como un facilitador clave para prácticas de producción más verdes. Al minimizar los desperdicios y mejorar la eficiencia del uso de los recursos, las empresas no solo cumplen con las regulaciones ambientales más estrictas, sino que también mejoran su reputación corporativa y cumplen con las expectativas de los consumidores que cada vez están más conscientes del medioambiente. Este enfoque hacia la sostenibilidad está alineado con las tendencias globales hacia la reducción de la huella de carbono y el impulso hacia una economía circular.

A pesar de los numerosos beneficios, la implementación de *lean* no está exenta de desafíos. La revisión ha identificado que, aunque muchas empresas han logrado integrar con éxito *lean* en sus operaciones, otras han enfrentado obstáculos significativos, tales como resistencia al cambio, falta de capacitación adecuada y dificultades en la adaptación cultural. Estos desafíos subrayan la necesidad de enfoques personalizados y bien gestionados para la implementación de *lean* que consideren las particularidades culturales y operativas de cada empresa.

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

Dayanara Daily Monserrate Salvatierra (autora principal): conceptualización, recolección de datos, análisis formal, revisión bibliográfica, redacción del borrador inicial, diseño de figuras y flujogramas. **Yanelis Ramos Alfonso:** metodología, selección de artículos relevantes, supervisión, revisión y edición del manuscrito final. **Ricardo Larry Castro Coello:** supervisión, revisión y edición del manuscrito final.

REFERENCIAS

- Agung, D., & Hasbullah, H. (2019). Reducing the product changeover time using SMED & 5S methods in the injection molding industry. *Sinergi*, 23(3), 199-212 <https://doi.org/10.22441/sinergi.2019.3.004>
- Ahmed, A., Mathrani, S., & Jayamaha, N. (2020). Barriers for an integrated lean and ISO 14001 implementation for sustaining environmental performance in the manufacturing industry. En *2020 IEEE Asia-Pacific Conference on Computer Science and Data Engineering*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/CSD50874.2020.9411384>

- Arroyo-Huayta, C., Cruces-Raimudis, S., Viacava-Campos, G., León-Chavarri, C., & Aderhold, D. (2020). Model to improve the efficiency in the extrusion area in a manufacturing SME of the industrial plastic sector based on SMED, autonomous maintenance, and 5S. En T. Ahram, R. Taiar, K. Langlois & A. Choplin (Eds.), *Human interaction, emerging technologies and future applications III* (pp. 545-551). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-55307-4_83
- Buitron-Lopez, L., et al. (2019). Lean manufacturing model based on the Deming cycle and developed in Gantt to increase efficiency in plastic companies. En *Proceedings of the 2019 IEEE 39th Central America and Panama Convention*. IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8976984>
- Cordova-Pillco, D. A., Mendoza-Coaricona, M. K., & Quiroz-Flores, J. (2022, 18-22 de julio). Lean-SLP production model to reduce lead time in SMEs in the plastics industry: An empirical research in Peru. En M. Larrondo, J. Texier, A. Pena & J. Sánchez (Eds.), *Proceedings of the 20th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education Caribbean for Engineering and Technology*. LACCEI. <https://doi.org/10.18687/laccei2022.1.1.151>
- Dahmani, N., Benhida, K., Belhadi, A., Kamble, S. S., Elfezazi, S., & Kumar Jauhar, S. (2021). Smart circular product design strategies towards eco-effective production systems: A lean eco-design industry 4.0 framework. *Journal of Cleaner Production*, 320, 128847. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128847>
- De la Vega, M., Macias-Velasquez, S., Baez-Lopez, Y., Limón-Romero, J., Tlapa, D. A., & Chávez-Moreno, E. A. (2023). Modeling critical success factors of lean strategy in the manufacturing industry. *Systems*, 11(10), 490. <https://doi.org/10.3390/systems11100490>
- Deshkar, A., Kamle, S., Giri, J., & Korde, V. (2018). Design and evaluation of a Lean Manufacturing framework using value stream mapping (VSM) for a plastic bag manufacturing unit. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 7668-7677. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.442>
- Elbadawi, I. (2018). Investigating the level of involvement of lean manufacturing tools in Hail Industrial City. *International Journal of Forensic Engineering*, 4(1), 75-88. <https://doi.org/10.1504/IJFE.2018.094050>
- Flores, G., Valenzuela, R., Viacava, G., & Del Carpio, C. (2020, 27-31 de julio). Model to reduce waste in the production of labels in Peruvian companies of the plastic sector by applying autonomous maintenance, *kanban* and standardization of work. En M. Larrondo, L. Zapata & C. Aranzazu-Suescun (Eds.), *Proceedings of the 2020 18th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education*

- Caribbean Conference for Engineering and Technology*. LACCEI. <https://doi.org/10.18687/laccei2020.1.1.96>
- Gavriliuță, A. C., Nițu, E. L., & Gavriliuță, C. A. (2021). Algorithm to use some specific lean manufacturing methods: Application in an industrial production process. *Processes*, 9(4), 641. <https://doi.org/10.3390/pr9040641>
- Ghaithan, A. M., Khan, M., Mohammed, A., & Hadidi, L. A. (2021). Impact of industry 4.0 and lean manufacturing on the sustainability performance of plastic and petrochemical organizations in Saudi Arabia. *Sustainability*, 13(20), 11252. <https://doi.org/10.3390/su132011252>
- Greinacher, S., Overbeck, L., Kuhnle, A., Krahe, C., & Lanza, G. (2020). Multi-objective optimization of lean and resource efficient manufacturing systems. *Production Engineering*, 14(2), 165-176. <https://doi.org/10.1007/s11740-019-00945-9>
- Helm, L. T., Murphy, E. L., McGivern, A., & Borrelle, S. (2022). Impacts of plastic waste management strategies. *Environmental Reviews*, 31(1), 45-65. <https://doi.org/10.1139/er-2021-0117>
- Informes de Expertos. (2023). *Mercado de plástico en Ecuador: análisis, participación y proyecciones 2023-2032*. EMR. <https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-de-plastico-en-ecuador>
- Issa, T. (2018). Lean manufacturing implementation in fused plastic bags industry. En *Icime 2018: Proceedings of the 2018 10th International Conference on Information Management and Engineering* (pp. 151-158). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3285957.3285958>
- Jaqin, C., Kurnia, H., Purba, H. H., Molle, T. D., & Aisyah, S. (2023). Lean concept to reduce waste of process time in the plastic injection industry in Indonesia. *Nigerian Journal of Technological Development*, 20(2), 1396-1405. <https://doi.org/10.4314/njtd.v20i2.1396>
- Kafuku, J. M. (2019). Factors for effective implementation of lean manufacturing practice in selected industries in Tanzania. *Procedia Manufacturing*, 33, 351-358. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.04.043>
- Kovács, G. (2020). Combination of lean value-oriented conception and facility layout design for even more significant efficiency improvement and cost reduction. *International Journal of Production Research*, 58(10), 2916-2936. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1712490>
- Kumar Saha, R., & Mahmud, F. (2022, 26-27 de diciembre). Lean tools and techniques for improving production performance and waste reduction in a plastic company:

- A case study. En *Proceedings of the 5th International Conference in Industrial and Mechanical Engineering and Operations Management* (pp. 250-260). IEOM Society International. <https://doi.org/10.46254/bd05.20220091>
- Lestari, F., Marie, I. A., & Sari, E. (2021). Sustainable lean six sigma competitive manufacturing strategy for luggage manufacturer. *Journal of Modern Manufacturing Systems and Technology*, 5(2), 22-34. <https://doi.org/10.15282/jmmst.v5i2.6849>
- Logesh, B., & Balaji, M. (2020). Experimental investigations to deploy green manufacturing through reduction of waste using lean tools in electrical components manufacturing company. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 8, 365-374. <https://doi.org/10.1007/s40684-020-00216-4>
- Loyola, B., Bellido, D., & Hurtado, Á. (2023, 19-21 de julio). Model for reducing defective production of PET bottles through lean manufacturing. En *Proceedings of the 21st LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*. LACCEI. <https://doi.org/10.18687/laccei2023.1.1.1155>
- Mórtola Valero, J. (2022). *Informe de gestión ASEPLAS 2022*. Asociación Ecuatoriana de Plásticos. <https://aseplas.ec/wp-content/uploads/2024/06/INFORME-DE-GESTION-ASEPLAS-2022.pdf>
- Nassereddine, A., & Wehbe, A. (2018). Competition and resilience: Lean manufacturing in the plastic industry in Lebanon. *Arab Economic and Business Journal*, 13(2), 179-189. <https://doi.org/10.1016/j.aebj.2018.11.001>
- Otoni, G., Dutra, L., de Jesus, B., Ferraz, J., Silva, F., & Pimentel, C. (2021, 5-8 de abril). A study about the level of lean usage in plastic industry. En *Proceedings of the 2nd South American International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (pp. 30-37). IEOM Society International. <https://doi.org/10.46254/sa02.20210023>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J. M., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021a). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *Journal of Clinical Epidemiology*, 134, 178-189. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2021.03.001>
- Page, M. J., Moher, D., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald,

- S., ... McKenzie, J. (2021b). PRISMA 2020 explanation and elaboration: Updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *The BMJ*, 372(160). <https://doi.org/10.1136/bmj.n160>
- Pekenene, T. O., Mphathiwa, T. S., Monageng, R. O. K., Mashaba, K., Jerekias, G., & Kommula, V. (2023). Application of lean six sigma methodology in defect reduction: A case study of Botswana shade net manufacturing plant. En *Proceedings of the 6th European International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (pp. 804-815). <https://doi.org/10.46254/eu6.20230237>
- Poves-Calderno, I., Ramirez-Mendoza, J., Nuñez-Ponce, V., & Alvarez-Merino, J. (2019). Application of lean manufacturing techniques in a Peruvian plastic company. En *Proceedings of the 2019 International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/IEEM44572.2019.8978813>
- Quispe Cordova, A. C., Acuña Damiano, V. B., & Quiroz-Flores, J. (2023). Improving availability by lean manufacturing and TPM tools in an SME in the plastics sector. En *Proceedings of the Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/CONIITI61170.2023.10324215>
- Quiroz-Flores, J. C., & Vega-Alvites, M. (2022). Lean manufacturing model of production management under the preventive maintenance approach to improve efficiency in plastics industry SMEs: A case study. *South African Journal of Industrial Engineering*, 33(2), 143-156. <https://doi.org/10.7166/33-2-2711>
- Rahardjo, B., Wang, F., Yeh, R.-H., & Chen, Y.-p. (2023). Lean manufacturing in industry 4.0: A smart and sustainable manufacturing system. *Machines*, 11(1), 72. <https://doi.org/10.3390/machines11010072>
- Rahman, M. S., Tahiduzzaman, Kundu, R., Juwel, S. M. N., & Karim, M. R. (2018). Waste identification in a pipe manufacturing industry through lean concept: A case study. *Journal of Applied Research in Industrial Engineering*, 5(4), 306-323. <https://doi.org/10.22105/jarie.2018.150333.1057>
- Ribeiro, P., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., Pereira, M. T., & Santos, G. (2019). The impact of the application of lean tools for improvement of process in a plastic company: A case study. *Procedia Manufacturing*, 38, 765-775. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.104>
- Romero, V. J., Sánchez-Lite, A., & Liraut, G. (2021). Development of a multi-criteria design optimization methodology for automotive plastics parts. *Polymers*, 14(1), 156. <https://doi.org/10.3390/polym14010156>

- Sari, E., Anne Marie, I., Rani, F., & Satria, R. (2022). Sustainable manufacturing performance enhancement using lean competitive strategy: A case study in plastic molding industry. En *Proceedings of the International Conference on Engineering and Information Technology for Sustainable Industry*. Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3557738.3557842>
- Singh, J., & Singh, H. (2020). Application of lean manufacturing in automotive manufacturing unit. *International Journal of Lean Six Sigma*, 11(1), 171-210. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-06-2018-0060>
- Strachotová, D., & Strachota, S. (2018). Lean production during the processing of plastic moldings. *Journal of Innovation and Business Best Practice*, 2018, Artículo 825250. <https://doi.org/10.5171/2018.825250>
- Tripathi, V., Chattopadhyaya, S., Mukhopadhyay, A., Sharma, S., Singh, J., Pimenov, D., & Giasin, K. (2021). An innovative agile model of smart lean-green approach for sustainability in industry 4.0. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(4), 215. <https://doi.org/10.3390/joitmc7040215>
- Vieira, M. D., Azevedo, S., Pimentel, C., & Matias, J. (2022, 12-14 de enero). Implementation of Lean management system in a plastic packaging industry. En *Proceedings of the 3rd International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management* (pp. 147-154). <https://doi.org/10.1145/3524338.3524361>
- Vlachos, I. P., Martinez Pascuzzi, R. M., Zobolas, G., Repoussis, P., & Giannakis, M. (2021). Lean manufacturing systems in the area of Industry 4.0: a lean automation plan of AGVs/IoT integration. *Production Planning and Control*, 34(4), 345-358. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1917720>
- Yuik, C. J., Perumal, P., & Feng, C. J. (2020). Exploring critical success factors for the implementation of lean manufacturing in machinery and equipment SMEs. *Engineering Management in Production and Services*, 12(4), 77-91. <https://doi.org/10.2478/emj-2020-0029>