

Lean Manufacturing Methodology for waste reduction in the production sector: A systematic review

Britney Aryam Torres Pérez¹, Rosa Mariela Báez Navarro², Fredy Abelardo Gonzales Calle³

¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú, u20306490@utp.edu.pe

²Universidad Tecnológica del Perú, Perú, u20239338@utp.edu.pe

³Universidad Tecnológica del Perú, Perú, c02113@utp.edu.pe

Abstract– *The purpose of this research is to conduct a Systematic Literature Review (SLR) on the application of Lean Manufacturing principles to reduce waste in the production environment, by analyzing articles indexed in Scopus published in the last five years. Through a systematic literature review, 183 documents were identified in said database. From a systematic literature review, 183 Scopus documents were obtained, which were discarded through duplicate articles, studies excluded for not using or applying the methodology, and finally not complying with the PIOC questions, thus obtaining 50 documents in the end. For this purpose, four selection criteria were considered: articles that cover the issue of waste, only documents that are articles, studies that have applied the methodology, while only being in Spanish and English, and an age range of 5 years (2020-2024), thus reducing it to 50 articles. The analysis of the documents obtained allowed us to identify key tools, such as Single Minute Exchange Die (SMED), 5S, Kaizen, Value Stream Mapping (VSM), and Just-In-Time (JIT), which reduce operational waste, improve delivery times, and increase efficiency in key sectors. For example, reductions of 45% in setup times and 70% in process cycles were achieved. Furthermore, the integration of Lean Six Sigma (LSS) increased productivity by up to 80% and significantly reduced defects. This study reinforces Lean Manufacturing's ability to transform production processes toward more sustainable and competitive operations.*

Keywords: *Lean Manufacturing, waste reduction, productivity, process optimization, operational efficiency.*

Metodología Lean Manufacturing para la reducción de desperdicios en el sector de producción: una revisión sistemática

Britney Aryam Torres Pérez¹, Rosa Mariela Báez Navarro², Fredy Abelardo Gonzales Calle³

¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú, u20306490@utp.edu.pe

²Universidad Tecnológica del Perú, Perú, u20239338@utp.edu.pe

³Universidad Tecnológica del Perú, Perú, c02113@utp.edu.pe

Resumen - El propósito de esta investigación fue realizar una Revisión Sistemática de Literatura (RSL) sobre la aplicación de los principios Lean Manufacturing para reducir el desperdicio en el entorno productivo, mediante el análisis de artículos indexados en Scopus publicados en los últimos cinco años. A través de una revisión sistemática de la literatura, se identificaron 183 documentos en dicha base de datos. A partir de una revisión sistemática de la literatura, se obtuvieron 183 documentos Scopus, los cuales fueron descartados a través de artículos duplicados, estudios excluidos por no utilizar la metodología o aplicarla y finalmente no cumplir con las preguntas PIOC, logrando así 50 documentos al final. Para ello, se consideraron cuatro criterios de selección: artículos que abarquen la problemática de los residuos, solo documentos que sean artículos, que sean estudios que hayan aplicado la metodología, mientras que solo estén en español e inglés y un rango de antigüedad de 5 años (2020-2024), reduciéndolo así a 50 artículos. El análisis de los documentos obtenidos permitió identificar las principales herramientas como el Single Minute Exchange Die (SMED), 5S, Kaizen, Value Stream Mapping (VSM) y Just-In-Time (JIT), que reducen el desperdicio operativo, mejoran los tiempos de entrega y aumentan la eficiencia en sectores clave. Por ejemplo, se lograron reducciones del 45% en los tiempos de preparación y del 70% en los ciclos de proceso. Además, la integración de Lean Six Sigma (LSS) ha aumentado la productividad hasta en un 80% y ha reducido significativamente los defectos. Este estudio refuerza la capacidad del Lean Manufacturing para transformar los procesos productivos hacia operaciones más sostenibles y competitivas.

Palabras clave-- Lean Manufacturing, reducción de residuos, productividad, optimización de procesos, eficiencia operativa.

I. INTRODUCCIÓN

En la industria manufacturera moderna, el crecimiento de la demanda y la competencia internacional han impulsado a las empresas a integrar tecnologías avanzadas y metodologías de mejora continua para optimizar sus procesos. Las herramientas modernas, como la Industria 4.0, combinadas con la metodología Lean Six Sigma, facilitan que las organizaciones disminuyan los defectos y optimicen su productividad [1]. En particular, la implementación del modelo DMAIC ofrece una estructura eficaz para resolver problemas complejos, facilitando decisiones basadas en datos en tiempo real que mejoran la eficiencia operativa [2]. Las

fábricas inteligentes, como resultado de esta digitalización y análisis, logran un mayor control en sus operaciones, optimizan recursos y reducen costos, fortaleciendo así su posición competitiva en el mercado global [3].

A pesar de estos avances, muchas industrias aún enfrentan desafíos significativos en la amortiguación de costos y la anulación de actividades sin valor dentro de sus procesos de mantenimiento y producción. Problemas como el mantenimiento ineficaz, tiempos muertos en los equipos y una gestión de inventario deficiente afectan la eficiencia y productividad [4]. Estos obstáculos aumentan los costos y reducen la disponibilidad de los equipos, impactando tanto la continuidad de la producción como la satisfacción del cliente [5]. Aunque técnicas lean como el método Pugh ayudan a identificar y priorizar mejoras, muchos sectores aún requieren integrar sistemas de gestión y mantenimiento más robustos para reducir estos desperdicios y lograr operaciones más eficientes y sostenibles [6].

La integración de Lean Six Sigma (LSS) bajo la gestión logística y de almacenes ha demostrado ser eficaz en reducir los intervalos de producción y en mejorar la complacencia del consumidor mediante la eliminación de actividades exentas de valor agregado [7]. Las empresas que implementan el modelo DMAIC en almacenamiento han alcanzado mejoras de hasta el 70% en la eficiencia del ciclo de proceso, optimización que se refleja en costos reducidos y mayores índices de satisfacción del cliente [8]. Además, el uso de mecanismos complementarios como el mapeo de flujo de valor (VSM), el sistema de 5S y técnicas de control de calidad como Jidoka, Justo a Tiempo y Poka Yoke, permite a las organizaciones optimizar el flujo de trabajo y asegurar la calidad del producto final, fortaleciendo así su sostenibilidad y competitividad en el mercado actual [9].

Este estudio examina y aplica las metodologías Lean Six Sigma en diversos sectores industriales, enfocándose en mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y maximizar el aprovechamiento de los recursos. A través de herramientas como DMAIC, VSM, Single Minute Exchange Die (SMED) y el modelo de 5S, se busca reducir el tiempo de inactividad en líneas de producción, minimizar el desperdicio de materiales y mejorar la calidad del producto [10]-[11]. Además, el estudio

busca establecer una perspectiva teórica para integrar herramientas lean en sectores como la industria textil y automotriz, proporcionando una guía práctica que permita a las empresas mejorar su eficiencia y adaptarse a los cambios dinámicos y demandas crecientes del mercado [12]-[13].

La organización de esta revisión sistemática de la literatura sigue una estructura que facilita el análisis de la ejecución de métodos de Lean Manufacturing (LM) y LSS en diversos sectores. Primero, se revisan los fundamentos teóricos de LM y LSS, enfatizando los principios de optimización y minimización de residuos aplicables a procesos industriales y de servicios [14]. Luego, se exploran estudios de caso en los que herramientas como las 5S, Kaizen y el VSM han sido implementadas para perfeccionar la productividad operativa en la producción y mantenimiento de plantas industriales [15]. Finalmente, se sintetizan los hallazgos de estos estudios, proporcionando un marco de referencia para aplicar LM y LSS en contextos específicos, desde la gestión de mantenimiento en fábricas hasta la optimización de entregas en proyectos de construcción [16]-[17].

En consecuencia, el propósito de este trabajo fue realizar una Revisión Sistemática de Literatura (RSL) sobre la implementación de Lean Manufacturing en el sector productivo, analizando los artículos indexados en Scopus durante los últimos 5 años.

II. METODOLOGÍA

2.1 Estrategia de búsqueda

El tipo de revisión realizada fue la revisión sistemática y la estrategia utilizada fue PIOC. Se plantea la siguiente pregunta general: ¿Cómo se implementó el Lean Manufacturing y qué resultados se obtuvieron en la reducción de desperdicios en el sector de producción según los artículos indexados en SCOPUS en los últimos 5 años?

Sub-preguntas:

- P1: ¿Cómo se han clasificado los tipos de desperdicios?
- I2: ¿Cómo se han aplicado las diversas herramientas del Lean Manufacturing?
- O3: ¿Qué resultados se obtuvieron en la reducción de desperdicios ante la implementación del Lean Manufacturing?
- C4: ¿En qué tipos de industria al interior del sector de producción se ha investigado, con qué muestras?

Componentes de PIOC, palabras clave seleccionadas:

TABLA I
ESTRATEGIA PIOC

Problema	"Waste" OR "Inefficiency" OR "Delays" OR "Overproduction" OR "Overprocessing" OR "Defects" OR "Excess Inventory" OR "Unnecessary Movements" OR "Inefficient Transportation" OR "Misused Resources" OR "MUDA"
----------	--

Intervención	"Lean Manufacturing" OR "Lean" OR "Lean production" OR "Lean tool" OR "Kaizen" OR "5S" OR "Just in Time" OR "Kanban" OR "Waste Elimination" OR "Continuous Improvement" OR "Process Standardization" OR "Total Productive Maintenance" OR "Efficient Workflow"
Outcomes	"Increased efficiency" OR "Reduced costs" OR "Improved quality" OR "Reduced lead times" OR "Optimized resources" OR "Flowed throughput" OR "Increased productivity" OR "Customer satisfaction" OR "Increased profitability" OR "Profits" OR "Risk" OR "Rate" OR "Time" OR "Yield" OR "Hours"
Contexto	"Production Industry" OR "Industrial Processes" OR "Manufacturing Companies" OR "Mass Production" OR "Supply Chain Management" OR "Operations Optimization" OR "Industrial Process Improvement" OR "Factory" OR "Company"

2.2 Criterios de inclusión y exclusión

TABLA II
CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Criterios de Inclusión		Criterios de Exclusión	
C.I.1	Las investigaciones deben de abordar la problemática de los tipos de residuos.	C.E.1	Investigaciones que se hayan desarrollado en laboratorios o en entornos de simulación o de prueba.
C.I.2	Las investigaciones tienen que aplicar o describir los métodos de medición biométrica de los residuos.	C.E.2	Publicaciones que no corresponden al artículo inicial (tales como tesis, libro, material no indexado).
C.I.3	Las investigaciones tienen que demostrar resultados estadísticos debido a la aplicación de dichos métodos mencionados.	C.E.3	Que estén publicados en otros idiomas que no sean al inglés y español.
C.I.4	Las investigaciones deben de haberse desarrollado en sectores reales de sectores de producción.	C.E.4	Documentos anteriores a 2020.

2.3. Proceso de selección de estudios

El número de artículos obtenidos en SCOPUS fue de 183. Para ello se aplicó los lineamientos PRISMA:

- 183 artículos fueron identificados al inicio de la búsqueda en Scopus. No se descartaron artículos por duplicado.
- 107 artículos se descartaron porque no aplicaron la metodología.
- 3 artículos se descartaron porque simulaban o propusieron.
- 73 artículos se alinearon con la temática de la RSL (tras revisar el artículo resumen y palabras clave)
- 23 artículos se descartaron porque no cumplieron con los criterios de exclusión
- 50 artículos fueron seleccionados al cumplir con los requisitos establecidos para la inclusión y exclusión

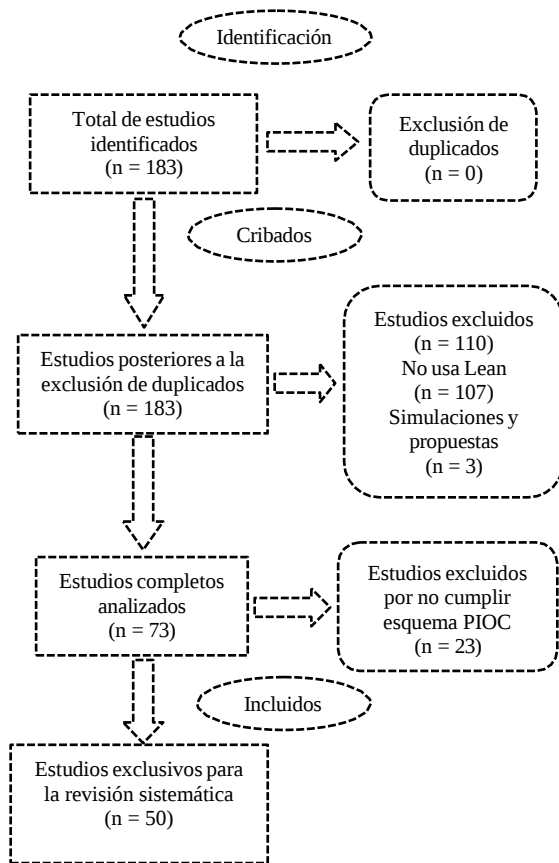


Fig. 1: Metodología de filtración PRISMA

III. RESULTADOS

Se expondrán los hallazgos principales y se propondrán líneas de discusión para cada una de las categorías establecidas en la sección de metodología.

3.1. Análisis Descriptivo

3.1.1 Según el año de publicación

La Figura 2, está representado por un gráfico de barras que da a conocer la distribución de las investigaciones de cada año de publicaciones desde el 2020 hasta el 2024. Cada año tiene una porción de 12%, 16%, 24%, 32% y 16%, lo que indica que la cantidad de estudios publicados está creciendo a un ritmo abrupto con cada año que pasa, a excepción del último año. Este comportamiento podría ser reflejado debido a la expansión de la educación superior a nivel mundial que da como resultado un aumento significativo del número de universidades, centros de investigación y estudiantes de posgrado. Con más personas accediendo a la educación avanzada, especialmente en aquellos países que están en desarrollo, los cuáles han aumentado los números de investigadores activos, lo que ha impulsado la producción científica

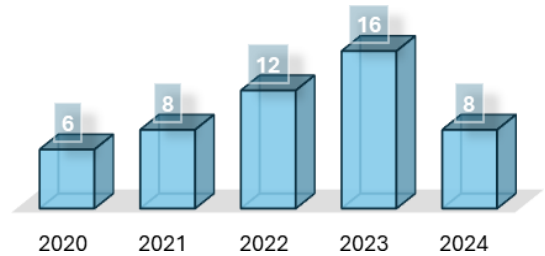


Fig. 2 Características del Estudio por año de publicación

3.1.2 Según revista de publicación

Algunas revistas tienen más relevancia en términos de cantidad de publicaciones, como "Applied Sciences (Switzerland)" y "Processes", con 5 artículos cada una. Otras revistas como "Cogent Engineering" y "Sustainability (Switzerland)" tienen 3 artículos. La mayoría de las revistas mencionadas tienen solo un artículo publicado, lo que refleja una amplia dispersión de publicaciones en distintas fuentes. Esto sugiere que las primeras revistas mencionadas han sido difundidas en una variedad de revistas especializadas en áreas de ingeniería, gestión y tecnología, pero sin una concentración significativa en una revista en particular, salvo en las mencionadas con mayor cantidad de artículos.

3.1.3 Según país de publicación

La Figura 3 muestra la cantidad de artículos publicados por país durante el período de 2020 a 2024. El país de donde más provienen las investigaciones es de Portugal con 6 artículos, siguiéndole Indonesia y Turquía, con 5 artículos cada uno. Esto podría interpretarse debido a que estos países tengan un mayor interés o necesidad en el área de investigación relacionada con el estudio, lo que motiva a instituciones y académicos a publicar más artículos acordes al tema, también los países mencionados podrían enfrentar problemas específicos que requieren soluciones tecnológicas o industriales, generando una mayor cantidad de estudios.



Fig. 3 Características por país de publicación

3.1.4 Según idioma

Los 50 artículos de investigación están publicados en inglés. Esto indica que el inglés se puede considerar como el idioma con mayor predominancia para la difusión de las investigaciones dentro del área de estudio. El uso del inglés como idioma predominante en artículos de investigación se debe principalmente a su papel como lengua franca en la comunicación científica global. Esto llega a facilitar la expansión de los conocimientos y colaboraciones entre las diferentes investigaciones ante la variedad de países. Un libro reciente que aborda este tema es "Research Genres" de John M. (Cambridge University Press, 2012). Swales analiza cómo el inglés se ha consolidado como el principal idioma en las publicaciones académicas, a pesar de que este predominio puede haber sido exagerado en ciertos contextos.

3.1.5 Según autor

La Figura 4 muestra la cantidad de veces según los artículos que han sido publicados por el mismo autor en el rango de los años 2020 al 2024. El autor que más ha publicado en los estudios de trabajo es de Gaspar P. con 3 artículos, siguiéndole Adeodu A., Bilik P., Ghosh S., Hlavaty L., Kana-Kana Katumba M., Kurnia H., Lever K., Martinek R., Quiroz-Flores J. y Silva F., con 2 artículos publicados cada uno. Esto se puede dar porque los autores pueden ser expertos en el campo específico del estudio. Sus investigaciones previas pueden aportar bases sólidas o teorías fundamentales que se aplican directamente a la investigación actual.



Fig. 4 Características por autores de publicación

3.1.6 Según palabras claves

La palabra clave que más se ha repetido en los artículos es Value Streaming Mapping con 14, siguiéndole Lean Manufacturing con 13; 5S, Waste y Lean Tools con 6 cada una; Kaizen, Lean Six Sigma y Productivity con 5; Lean, Lead Time y DMAIC con 4. Esto se puede dar porque tanto en el campo de la ciencia como en el de la ingeniería, se hacen referencias a conceptos, teorías o metodologías establecidas. Los investigadores suelen usar palabras claves o términos técnicos para describir estos marcos teóricos.

3.2. Análisis de las herramientas

3.2.1. ¿Cómo se han clasificado los tipos de desperdicios?

La clasificación de los tipos de desperdicios en el ámbito de producción es un concepto central en LM, el cual estructura las actividades no generadoras de valor en categorías específicas para simplificar su identificación y eliminación. Hay ocho desperdicios comunes, que incluyen la sobreproducción, los tiempos de espera, el transporte, el exceso de procesamiento, el inventario, los movimientos innecesarios, los defectos y la subutilización del talento [3],[11],[18],[27],[39]. En conclusión, todos estos forman dos grupos pertenecientes a dos grandes áreas: desperdicios relacionados con los objetos y aquellos ligados al movimiento y transporte.

Los desperdicios de objetos comprenden actividades como la sobreproducción o el mantenimiento de inventarios excesivos, los cuales agregan costos y generan desorden sin aportar valor tangible [8],[21],[33],[44],[49]. Por otro lado, los desperdicios de movimiento se refieren al transporte innecesario de materiales o a la disposición ineficiente de los recursos en la línea de producción, los cuales generan interrupciones en el flujo de trabajo y provocan acumulación de trabajo en proceso [2],[17],[25],[38],[42]. Estas categorías son críticas para minimizar cuellos de botella en el sistema de producción, lo cual a su vez maximiza la productividad y ayuda a reducir los costos operativos [5],[19],[28],[31],[48].

Una técnica muy utilizada para analizar los desperdicios es el VSM, una herramienta del LM que ayuda a visualizar el flujo de materiales e información a través de todo el proceso de producción [1],[15],[24],[30],[36]. A través de esta técnica, las empresas pueden identificar claramente las actividades que añaden valor y las que no, lo que facilita la implementación de mejoras específicas en cada punto de la cadena [7],[13],[23],[29],[37]. El VSM no solo muestra el estado actual del proceso, sino que también ayuda a proyectar un estado futuro más eficiente y sin desperdicios [4],[14],[20],[26],[40]. Al incorporar datos detallados de cada actividad, este análisis fomenta la reducción del periodo de tiempo y permite evaluar la eficacia de iniciativas como el Just-in-Time, eliminando tiempos de espera innecesarios y optimizando la eficiencia general [6],[16],[22],[34],[47]. La aplicación adecuada de VSM es, por ende, fundamental para cualquier sistema LM, ya que maximiza la rentabilidad y mejora la respuesta al cliente [9],[32],[41],[43],[50].

Además de las herramientas de análisis, el mantenimiento Lean, enfocado principalmente en evitar los tiempos de inactividad imprevistos que no están planificados, complementa los esfuerzos de eliminación de desperdicios al asegurar una mayor disponibilidad y eficiencia de los equipos [10],[12],[35],[45]-[46]. Las prácticas de mantenimiento del LM, como por ejemplo el mantenimiento productivo total, reducen el tiempo de paro y permiten una utilización óptima de la maquinaria [3],[18],[27]-[28],[44]. Este enfoque fomenta la creación de una cultura organizacional que prioriza la

eficiencia, aumentando la capacidad de producción sin incrementar significativamente los recursos [1],[5],[33],[38],[48]. Al combinar el mantenimiento con el VSM y la filosofía de desperdicio cero, las organizaciones consiguen mejoras significativas en la calidad de los productos, aseguran la satisfacción del cliente, mantienen los costos bajo control y promueven una cadena de suministro ágil y confiable [7],[25],[29],[39],[49].

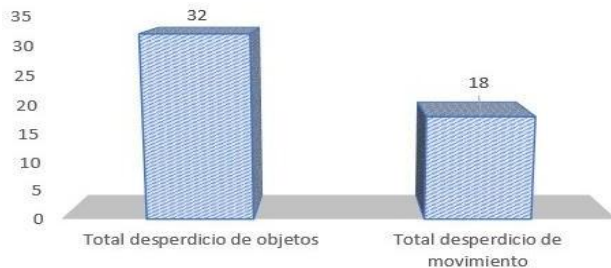


Fig. 5 Tipos de desperdicios

3.2.2. ¿Cómo se han aplicado las diversas herramientas del Lean Manufacturing?

La implementación de herramientas LM ha sido crucial para optimizar procesos en sectores como la automotriz y textil, al reducir desperdicios y aumentar la eficiencia. Una de las técnicas más comunes es SMED, que facilita la reducción de los tiempos de cambio en las líneas de producción al dividir las actividades internas y externas. En un estudio realizado en una planta automotriz, la adopción de SMED logró una reducción de 291.4 segundos en los tiempos de cambio, mejorando de manera notable la eficiencia general del equipo al disminuir los tiempos de inactividad y optimizar el uso de los recursos [5],[13],[31],[42],[45]. Este método ha demostrado ser especialmente eficaz en industrias con alta demanda de flexibilidad, al minimizar la carga de trabajo de los operarios y reorganizar la disposición de los equipos para reducir los desplazamientos innecesarios [2],[17],[23],[29],[38]. SMED no solo facilita una integración más ágil de otras herramientas Lean, sino que también impulsa la productividad y adaptabilidad del sistema, mejorando la capacidad de respuesta de las líneas de producción ante cambios en la demanda [8],[11],[19],[35],[47].

Otro enfoque destacado es el LSS, que combina la reducción de desperdicios con el control de variabilidad durante los procesos, mejorando de esta manera tanto la calidad como también la resistencia de los productos [12],[21],[32],[39],[50]. En un caso de estudio en una fábrica de ladrillos, la integración de herramientas como Poka Yoke, Jidoka y el trabajo estandarizado redujo los defectos y los costos asociados al reproceso [4],[14],[26],[37],[48]. El LSS mejora el rendimiento mediante la supervisión estadística de procesos y los Círculos de la Calidad, los cuales permiten un monitoreo continuo que asegura altos estándares de calidad y reduce el tiempo de inspección [1],[7],[16],[28],[44]. Las empresas que han adoptado LSS han experimentado aumentos

en la satisfacción del cliente y en su competitividad, especialmente en mercados de alta volatilidad, al optimizar recursos y reducir los costos de producción [3],[15],[22],[30],[41].

Por último, el VSM se ha convertido en una herramienta fundamental para la identificación y eliminación de desperdicios en industrias como la textil, donde el flujo de materiales y el inventario son críticos [9],[18],[27],[34],[46]. Un estudio mostró que, al aplicar VSM, una empresa textil redujo su inventario en proceso en un 74.3% y disminuyó los tiempos de entrega en un 71.1% al eliminar inventarios excesivos y movimientos innecesarios [6],[10],[20],[25],[33]. En combinación con metodologías como 5S y Kaizen, VSM permite a las empresas organizar sus procesos de manera más ordenada y sostenible, facilitando la adaptabilidad ante cambios de mercado [24],[36],[40],[43],[49]. Esto no solo mejora la alineación de las operaciones con los objetivos estratégicos, sino que fomenta la eficiencia operativa y un uso óptimo de recursos, impulsando una ventaja competitiva y un crecimiento sostenible en el largo plazo [7],[28],[32],[41],[48].

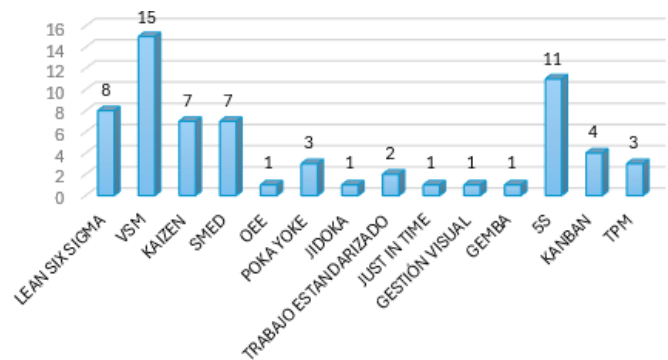


Fig. 6 Herramientas Usadas

3.2.3. ¿Qué resultados se obtuvieron en la reducción de desperdicios ante la implementación del Lean Manufacturing?

La aplicación de LM ha probado ser efectiva en la disminución de desperdicios y en el aumento de la eficiencia operativa. En diversas empresas, se notó una reducción considerable en el tiempo de procesos que no añaden valor, reduciéndolo hasta un 43% en algunos casos [10]. Las actividades de desperdicio, que antes representaban un porcentaje elevado, se redujeron hasta un 5% [9], evidenciando un cambio radical en la eficiencia del ciclo de producción, que pasó de un 40% de baja eficiencia a un 70% después de aplicar LSS [5]. Además, los tiempos de producción se mejoraron considerablemente, con reducciones de hasta el 31,15% en la duración total de producción [33], y el ciclo de producción se optimizó en un 23,33% [47]. En términos cuantificables, los datos indican que la eficiencia general aumentó en un 15% y el ahorro en costos operativos alcanzó cifras significativas, como una reducción del 97,71% en la compra de materiales [12].

Por otro lado, el impacto de LM también se refleja en mejoras en el aumento de la productividad y la disminución de los costos asociados al proceso productivo. Se reportó un aumento del 33% en la producción tras implementar herramientas del LM, así como una disminución de los costos de inactividad del 32,64% al 11% [15]-[16],[49]. La productividad general se incrementó entre un 46% y un 80%, evidenciando un avance notable en la capacidad de producción [6],[17],[19]. El uso de metodologías como SMED ha permitido acortar los tiempos de cambio de formato en 45% [8],[28] y ha mejorado la disponibilidad de las máquinas, lo que contribuye a la reducción de pérdidas [11],[13],[32],[50]. El incremento en la flexibilidad y la rapidez de entrega se tradujo en un ahorro significativo en costos operativos, con un aumento en el nivel de LSS, que alcanzó 3.9 tras una reducción de mermas del 6.92% [4],[7],[14],[18]. Así, los efectos de la implementación de LM son claramente positivos y reflejan un avance considerable en la eficiencia y rendimiento de los procesos industriales.

La adopción de LM ha permitido a las empresas lograr una notable reducción de desperdicios y una optimización de sus procesos. En varios estudios, se reportaron disminuciones significativas en el tiempo de inactividad, con una reducción del 50% en etapas del proceso manual, lo que se traduce en una mejora del tiempo de entrega en un 28% [3],[21],[25],[29]. Asimismo, se observó un incremento en la eficiencia de las operaciones, donde el tiempo productivo se redujo en un 25%, lo que resultó en un aumento en la capacidad productiva [20],[22]-[23],[27]. En términos de costos, se lograron ahorros operativos que oscilaron entre el 18,5% y el 15% en diversas estaciones de trabajo, evidenciando el efecto positivo de la aplicación de LM en el desempeño del proceso [30]-[31],[35]. Además, las intervenciones realizadas lograron reducir el tiempo total de entrega en la fábrica en un 69% [24],[26],[36],[39], lo que se traduce en un servicio al cliente más eficiente y en una mejora de la satisfacción de este.

Además, los resultados de aplicar herramientas LM se evidencian en la disminución de la cantidad de desperdicios y la mejora en el nivel de eficiencia en las operaciones. Se reportó una reducción del 29% en la mano de obra total [2],[34],[37],[45]-[46], lo que sugiere un uso más eficiente de los recursos humanos. La implementación de estrategias como Kanban y VSM permitió un ahorro de tiempo significativo, reduciendo el tiempo de búsqueda y el tiempo de ciclo [40]. Por ejemplo, el tiempo de búsqueda de bloques se redujo de 437s a 210s, lo que representa una mejora del 66,66% [38],[42]-[43],[48]. Además, el tiempo de configuración de máquinas se redujo más del 45% en ciertas líneas de producción [1],[27],[41],[44], lo que no solo aumenta la eficiencia operativa, sino que además fomenta un entorno laboral más flexible. En conjunto, estos resultados resaltan cómo la implementación de LM no solo disminuye los desperdicios, sino que también mejora la calidad y el desempeño general de los procesos productivos.

3.2.4 ¿En qué tipos de industria al interior del sector de producción se ha investigado, con qué muestras?

En el ámbito de la investigación industrial, el sector de producción se ha abordado de manera extensa, centrándose en la industria manufacturera, que representa aproximadamente el 40% de los estudios analizados. Este sector abarca diversas áreas, incluida la industria automotriz [6],[14] y la industria de dispositivos electrónicos [3],[8],[17]. Se han utilizado muestras de empresas manufactureras [1]-[2],[4]-[5],[12],[21] para evaluar procesos de producción y la eficiencia operativa. Asimismo, la industria de tapicería de asientos de vehículos [9],[23] y la industria textil [10] han sido objeto de estudio, reflejando la diversidad de la manufactura. También se han investigado las dinámicas en el sector de servicios [13] y su relación con las actividades productivas, destacando la importancia de un enfoque holístico en la comprensión del sector manufacturero.

Además, otro 32% de la investigación se ha centrado en la industria de la construcción [7],[11], donde se han realizado estudios sobre procesos específicos y prácticas de gestión en plantas de producción [19],[24] y la producción de escritorios para computadora [20]. La industria de procesamiento de metales [16] y el campo de la aviación [15],[25] han contribuido a enriquecer el análisis industrial, destacando la relevancia de la innovación y la capacidad de adaptarse en estos sectores. Finalmente, un 28% de las investigaciones se relacionan con servicios logísticos, como los servicios de carga y descarga [18], evidenciando la interdependencia entre producción y logística.

En el sector de producción, se han investigado diversas industrias, destacando en primer lugar la industria manufacturera, que representa un 40% de las muestras. Esto incluye empresas de confección [30]-[31], que implementan mejoras en sus procesos, y fábricas de máquinas de coser [38], donde se busca optimizar la producción. Además, se encuentran empresas de fabricación de sofás [34] y empresas corcheras [44], las cuales también han sido objeto de estudio para mejorar sus métodos. Otro segmento significativo es la industria farmacéutica [37], abarcando tanto plantas de fabricación de medicamentos [39] como almacenes de empresas farmacéuticas [32],[35]. También se incluye el sector automotriz [47]-[48], donde se investiga sobre sistemas de producción masiva [28] y ensamblaje [36]. La diversidad de estas industrias refleja un enfoque amplio en el avance de procesos y la innovación dentro del sector.

Por otro lado, un 60% de las muestras se centra en industrias especializadas. Esto incluye la producción de instrumentos musicales electrónicos [33] y la fabricación de bolsas de plástico [40]. Asimismo, se han estudiado proyectos de construcción [50] y la empresa de construcción naval [42]. El proceso de diseño gráfico [29] es otro ámbito de interés, junto con la producción de válvulas de extinción de incendios [43] y la empresa de producción de papel [49]. Las empresas manufactureras [41],[45] y la industria corporativa [27] también son consideradas en este análisis, mostrando cómo la investigación se extiende a múltiples sectores. Finalmente, las

empresas que perfeccionan sus procesos [26],[46] muestran su dedicación a la eficiencia y la mejora continua, lo que resulta clave en el competitivo contexto actual.

IV. DISCUSIÓN

La clasificación de los desperdicios en LM es organizada en actividades no productivas divididos en ocho tipos comunes. Estas se están agrupando en dos áreas principales: tales como los objetos, inventarios y sobreproducción, aquellos que hagan generar costos y desorden, y movimientos, como transporte innecesario, que interrumpen el flujo de trabajo. SMED ha reducido los tiempos de cambio de moldes en la automotriz, eliminando tiempos muertos. En la alimentaria, VSM optimizó el flujo de materiales y redujo inventarios. Lean Six Sigma en farmacéutica ha disminuido la variabilidad y defectos en la producción, estos se pueden mostrar en algunos artículos, tales como [16], [18], [32], [34], [39], [44]-[45], [48]. Estas metodologías han mejorado la eficiencia y calidad en cada sector al eliminar desperdicios.

Además, en la construcción, herramientas como Kanban, 5S y TPM han disminuido ciertos desperdicios como son los tiempos improductivos, relacionados con transporte, reprocesos y movimientos innecesarios, aumentando la eficiencia operativa, algunos de los estudios que demuestran ello son [9], [15], [20], [23], [25], [31], [34], [40]. En el sector textil, se usaron metodologías como el mapeo de flujo de valor y 5S para eliminar sobreproducción, inventarios excesivos y movimientos ineficientes, logrando una mayor alineación con las necesidades del cliente [8]. En la manufactura de piezas metálicas, la trazabilidad mediante tecnologías AIDC y estrategias Kaizen permitió reducir defectos, optimizar recursos y mejorar el flujo productivo, fortaleciendo la sostenibilidad operativa, lo cual se ven en estos artículos [3], [10], [27], [33]-[34], [47].

Las herramientas visualizadas en LM son variadas, algunas de ellas son el VSM y el SMED, esto son ampliamente reconocidas por su capacidad para optimizar procesos, minimizar tiempos y eliminar desperdicios en diversas industrias. El VSM facilita una comprensión integral de los flujos de trabajo al identificar actividades sin valor agregado, como se ven en dichos artículos [2], [4], [8], [13], [16], [18], [20], [34], [48], mientras que el SMED mejora los tiempos de configuración, permitiendo una mayor flexibilidad y reducción de ineficiencias, lo que se presencia en estos artículos [6], [14], [24], [28], [32], [44]-[45]. Estas metodologías han demostrado ser efectivas en sectores como la manufactura, la industria automotriz y el marketing, donde contribuyen a agilizar operaciones, elevar la calidad de los productos y satisfacer mejor las expectativas del cliente. Su versatilidad y eficacia comprobada las convierten en pilares fundamentales de la gestión moderna de procesos.

Igualmente están el LSS y Kaizen, estas se utilizan según las necesidades de cada organización. LSS es más adecuada para analizar profundamente procesos, reducir defectos y mejorar la calidad mediante un enfoque estructurado como el

modelo DMAIC. Es ideal en entornos complejos que requieren decisiones basadas en datos y herramientas avanzadas, como se demuestra en estos artículos [1], [5], [7], [21], [23], [39], [49]. Por otro lado, Kaizen fomenta una mejora continua e incremental, involucrando a los equipos en la solución de problemas y promoviendo pequeños cambios diarios que generan grandes impactos a largo plazo, vistos en estos artículos [3], [10], [27], [33]-[34], [47]. Mientras LSS se enfoca en proyectos sistemáticos y análisis detallados, Kaizen se adapta mejor a la mejora diaria y cultural, fortaleciendo la colaboración y el aprendizaje continuo en el lugar de trabajo.

Los resultados obtenidos reflejan un impacto significativo en la disminución de actividades que no añaden valor, logrando reducciones de hasta un 43% en el tiempo de procesos improductivos y de hasta un 97,71% en costos operativos relacionados con materiales. Asimismo, herramientas específicas como SMED, Kanban y VSM han permitido optimizar tiempos de configuración, búsqueda y ciclos de producción, con mejoras superiores al 45%. Estos resultados evidencian que la implementación de LM fomenta la eficiencia operativa, incrementa la flexibilidad y mejora la capacidad de respuesta en los procesos productivos, generando así un aumento en la productividad y promoviendo un entorno de trabajo más eficiente.

Asimismo, los artículos analizados destacan que la metodología LM no solo permite optimizar recursos y reducir desperdicios, sino que también impulsa un cambio estructural hacia una cultura de mejora continua. La significativa disminución de los costos de inactividad y el aumento de hasta un 80% en la productividad general demuestran su capacidad para transformar las operaciones industriales en sistemas más ágiles y rentables. Además, la mejora en los tiempos de entrega y la optimización del servicio al cliente impactan directamente en la satisfacción del mercado y fortalecen la competitividad empresarial.

En cuanto a los sectores estudiados, LM se ha consolidado como una herramienta versátil y efectiva para la reducción de desperdicios y la optimización de procesos, predominando en la industria manufacturera, que representa el 40% de las investigaciones analizadas. Sin embargo, su aplicación también ha mostrado resultados positivos en industrias diversas como la automotriz, textil, farmacéutica y de dispositivos electrónicos. En sectores como el ensamblaje automotriz y la confección textil, se han logrado avances notables en la optimización de procesos masivos y la gestión de recursos, evidenciando que LM puede adaptarse a distintos contextos productivos y trascender las barreras sectoriales.

La revisión de los casos también revela que LM fomenta la innovación y la mejora continua en industrias especializadas y no tradicionales, como la construcción naval, la producción de instrumentos electrónicos y la logística. Particularmente, sectores como la industria farmacéutica y la construcción —que combinan procesos industriales y servicios logísticos— demuestran que esta metodología puede integrarse exitosamente en cadenas productivas complejas, mejorando la interdependencia y la flexibilidad operativa.

Por ello, la evidencia recopilada reafirma que la implementación de LM no solo optimiza los recursos y reduce

los desperdicios, sino que se posiciona como un enfoque estratégico clave para mejorar la resiliencia y adaptabilidad de las empresas frente a los desafíos de un entorno competitivo global. La diversidad de aplicaciones y los resultados alcanzados en distintos sectores refuerzan su relevancia en la creación de valor y el fortalecimiento de la competitividad empresarial.

Finalmente, en este estudio se observan algunos artículos que usan otras metodologías, aquellas son: Jidoka [7], Gestión Visual [43], Gemba [9], Poka Yoke [7], [9], [19], Just in Time [7], OEE [6] y Trabajo Estandarizado [7], [9] se debe a su enfoque específico, menor aplicabilidad general y dificultad para medir su impacto de manera cuantitativa. Por ejemplo, Jidoka es más relevante en industrias automatizadas, mientras que Gemba y Gestión Visual tienen beneficios menos tangibles al centrarse en aspectos culturales. El Poka Yoke, aunque es eficaz en la prevención de errores, suele considerarse una técnica complementaria dentro de proyectos más amplios. Además, herramientas como Just in Time requieren sistemas altamente organizados, limitando su implementación y estudio. Muchas no actúan de manera independiente, lo que reduce su visibilidad en investigaciones. Sin embargo, siguen siendo esenciales para el éxito del LM.

V. CONCLUSIONES

Los estudios recientes evidencian el papel crucial de Lean Manufacturing en la reducción de desperdicios en el sector productivo, de acuerdo con el análisis de publicaciones indexadas en los últimos cinco años. El creciente interés global y la diversidad de aplicaciones demuestran que Lean Manufacturing sigue siendo una estrategia fundamental para mejorar la eficiencia, reducir costos y fortalecer la competitividad industrial.

Lean Manufacturing es esencial para mejorar la eficiencia productiva al eliminar desperdicios como sobreproducción e inventarios innecesarios. Su aplicación optimiza el flujo de trabajo, reduce tiempos de espera y maximiza la capacidad sin añadir recursos. Esto disminuye costos operativos y mejora la calidad. Así mismo, da lugar a una mayor satisfacción del cliente y una mayor competitividad en el mercado.

Esta metodología ha sido crucial para reducir desperdicios en la producción, mejorando la eficiencia mediante herramientas como SMED, VSM y LSS. Las cuales optimizan recursos, reducen tiempos muertos y mejoran la calidad, fortaleciendo la competitividad. Además, favorecen la flexibilidad y adaptación en mercados cambiantes. Juntas, promueven un crecimiento sostenible y una respuesta eficiente a las demandas del mercado.

Las empresas han obtenido mayor flexibilidad y competitividad al adoptar técnicas del LM, generando un impacto importante en el desempeño y la calidad de los procesos productivos, logrando reducir desperdicios en la

producción, incrementar la eficiencia y disminuir los costos, y a la vez optimizar los tiempos de inactividad y ajustes, de ese modo se incrementó la productividad.

Los estudios en distintas industrias demuestran que el uso de LM es clave para aumentar la eficiencia y minimizar los desperdicios. Sectores como la manufactura, la construcción y la industria farmacéutica han visto mejoras en productividad mediante la optimización de procesos. La diversidad de sectores investigados subraya los beneficios en la disminución de costos y el impulso a la mejora continua.

REFERENCIAS

- [1] M. L. Duc, J. Nedoma, P. Bilik, R. Martinek, L. Hlavaty, and N. T. P. Thao, "Application of fuzzy TOPSIS and Harmonic mitigation measurement on lean six sigma: a case study in Smart Factory," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 81577–81599, Jan. 2023, doi: 10.1109/access.2023.3299326.
- [2] P. D. Karningsih, W. Puspitasari, and M. L. Singgih, "Cost-Integrated lean maintenance to reduce maintenance cost," *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, vol. 22, no. 1, pp. 69–80, May 2023, doi: 10.25077/josi.v22.n1.p69-80.2023.
- [3] M. Moso and O. A. Olanrewaju, "An application of lean techniques to construct an integrated management systems preventive action model and evaluation: Kaizen Projects," *Processes*, vol. 12, no. 6, p. 1069, May 2024, doi: 10.3390/pr12061069.
- [4] D. Klimecka-Tatar and M. Obrecht, "Development and Improvement of a Production Company (and their Product) Based on the Value Stream Mapping of Business Processes," *Management Systems in Production Engineering*, vol. 32, no. 2, pp. 185–191, Jun. 2024, doi: 10.2478/mspe-2024-0018.
- [5] A. Adeodu, R. Maladzhi, M. G. K.-K. Katumba, and I. Daniyan, "Development of an improvement framework for warehouse processes using lean six sigma (DMAIC) approach. A case of third-party logistics (3PL) services," *Heliyon*, vol. 9, no. 4, p. e14915, Mar. 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e14915.
- [6] M. Niekurzak, W. Lewicki, H. H. Coban, and M. Bera, "A model to reduce machine changeover time and improve production efficiency in an automotive manufacturing organisation," *Sustainability*, vol. 15, no. 13, p. 10558, Jul. 2023, doi: 10.3390/su151310558.
- [7] J. C. Q. Flores, I. Varas, and A. Ali, "Lean six sigma methodology to reduce excess wastage in a brickyard: a case study," *The South African Journal of Industrial Engineering*, vol. 34, no. 2, Jan. 2023, doi: 10.7166/34-2-2865.
- [8] B. Bizuneh and R. Omer, "Lean waste prioritisation and reduction in the apparel industry: application of waste assessment model and value stream mapping," *Cogent Engineering*, vol. 11, no. 1, Apr. 2024, doi: 10.1080/23311916.2024.2341538.
- [9] E. Santos, T. M. Lima, and P. D. Gaspar, "Optimization of the production management of an upholstery manufacturing process using lean tools: a case study," *Applied Sciences*, vol. 13, no. 17, p. 9974, Sep. 2023, doi: 10.3390/app13179974.
- [10] M. Ewnetu and Y. Gzate, "Assembly operation productivity improvement for garment production industry through the integration of lean and work-study, a case study on Bahir Dar textile share company in garment, Bahir Dar, Ethiopia," *Heliyon*, vol. 9, no. 7, p. e17917, Jul. 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e17917.
- [11] O. Cabrera, J. Tejeda, J. Llontop, P. Mendoza, J. C. Alvarez, and S. Demirkesen, "A validation model to reduce non-contributory time based on Lean tools: Case of a construction company in Perú," *Cogent Engineering*, vol. 10, no. 1, Jul. 2023, doi: 10.1080/23311916.2023.2236838.
- [12] H. Kumia, K. B. Juliantoro, S. Suhendra, A. T. Zy, and A. Apriyani, "Combination of lean thinking and A3 problem-solving methods to reduce the cost of purchasing cleaning agents in a paint manufacturer in Indonesia," *SINERGI*, vol. 28, no. 1, p. 103, Dec. 2023, doi: 10.22441/sinergi.2024.1.011.

- [13]W. Tatiyanantakul and K. Chindaprasert, "Integrating lean management into community-based tourism: enhancing efficiency in tourism supply chains through value stream mapping concept Integrating lean management into community-based tourism: Enhancing efficiency in tourism supply chains 278," 2024, [Online]. Available: <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/hasss>
- [14]V. Santos *et al.*, "Applying the SMED Methodology to Tire Calibration Procedures," *Systems*, vol. 10, no. 6, p. 239, Dec. 2022, doi: 10.3390/systems10060239.
- [15]E. Yağlı, A. Ç. Şencan, M. R. Koçak, and C. Şencan, "Investigation of the effect of 5s application on production efficiency in machining: A field study at an aviation company," *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, vol. 39, no. 2, pp. 1067–1082, Nov. 2023, doi: 10.17341/gazimmfd.1100151.
- [16]B. Costa, J. Varejão, and P. D. Gaspar, "Development of a value stream map to optimize the production process in a luxury metal piece manufacturing company," *Processes*, vol. 12, no. 8, p. 1612, Jul. 2024, doi: 10.3390/pr12081612.
- [17]J. C. Quiroz-Flores, F. Acuña-Cervantes, A. Quicaña-Arbieto, and N. S., "Lean Operations Management model to increase On-Time Project delivery in a construction company," *International Journal of Civil Engineering*, vol. 10, no. 4, pp. 22–28, Apr. 2023, doi: 10.14445/23488352/ijce-v10i4p104.
- [18]S. Suradi, D. Lantara, and A. Padhil, "Waste analysis of tapioca unloading process with lean supply chain approach in Makassar Port," *Acta Logistica*, vol. 10, no. 1, pp. 71–77, Mar. 2023, doi: 10.22306/al.v10i1.353.
- [19]M. Martinelli, M. Lippi, and R. Gamberini, "Poka Yoke Meets Deep Learning: A Proof of Concept for an assembly line application," *Applied Sciences*, vol. 12, no. 21, p. 11071, Nov. 2022, doi: 10.3390/app122111071.
- [20]N. T. Nguyen, T. T. B. C. Vo, P. H. Le, and C.-N. Wang, "Improving Inventory Time in Production Line through Value Stream Mapping: A Case Study," *Journal of Engineering Science and Technology Review*, vol. 16, no. 1, pp. 33–43, Jan. 2023, doi: 10.25103/jestr.161.05.
- [21]M. Faishal, E. Mohamad, H. M. Asih, A. A. Rahman, A. Z. Ibrahim, and O. Adiyanto, "The use of Lean Six Sigma to improve the quality of coconut shell briquette products," *Multidisciplinary Science Journal*, vol. 6, no. 1, Jul. 2023, doi: 10.31893/multiscience.2024005.
- [22]M. L. Duc, L. Hlavaty, P. Bilik, and R. Martinek, "Enhancing manufacturing excellence with Lean Six Sigma and zero defects based on Industry 4.0," *Advances in Production Engineering & Management*, vol. 18, no. 1, pp. 32–48, Mar. 2023, doi: 10.14743/apem2023.1.455.
- [23]D. Medynski *et al.*, "Digital standardization of lean manufacturing tools according to Industry 4.0 concept," *Applied Sciences*, vol. 13, no. 10, p. 6259, May 2023, doi: 10.3390/app13106259.
- [24]M. A. Habib, R. Rizvan, and S. Ahmed, "Implementing lean manufacturing for improvement of operational performance in a labeling and packaging plant: A case study in Bangladesh," *Results in Engineering*, vol. 17, p. 100818, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.rineng.2022.100818.
- [25]M. S. D. A. Robaaiy, M. A. Rahima, and M. H. Alghazali, "Application the Kanban Cards and the Value Stream Map (VSM) to rationalize inventory costs and to improve the company's performance and oversight Applied Research in Electrical Cables Factory / UR State Company for Electrical Industries," *International Journal of Professional Business Review*, vol. 8, no. 4, p. e01371, Apr. 2023, doi: 10.26668/businessreview/2023.v8i4.1371.
- [26]D. Filipe and C. Pimentel, "Production and Internal Logistics Flow Improvements through the Application of Total Flow Management," *Logistics*, vol. 7, no. 2, p. 34, Jun. 2023, doi: 10.3390/logistics7020034.
- [27]G. Fortuna and P. D. Gaspar, "Implementation of industrial traceability Systems: a case study of a luxury metal pieces manufacturing company," *Processes*, vol. 10, no. 11, p. 2444, Nov. 2022, doi: 10.3390/pr10112444.
- [28]R. ŞahiN and A. Koloğlu, "A case study on reducing setup time using SMED on a turning line," *Gazi university journal of science*, vol. 35, no. 1, pp. 60–71, May 2021, doi: 10.35378/gujs.735969.
- [29]S. Ghosh and K. Lever, "Development of Value Stream Mapping from L'Oreal's Artwork Process," *Journal of Business-to-Business Marketing*, vol. 27, no. 3, pp. 293–309, Jul. 2020, doi: 10.1080/1051712x.2020.1787029.
- [30]J. A. G. Ruiz, N. Blanco, and M. Gascons, "Enhancing process performance for composite padel racket manufacture using Six Sigma-DMAIC and VSM synergetic support," *Cogent Engineering*, vol. 9, no. 1, Jun. 2022, doi: 10.1080/23311916.2022.2084982.
- [31]D. V. Kumar, G. M. Mohan, and K. M. Mohanasundaram, "Design & implementation of the production line in garment industry," *Industria Textila*, vol. 73, no. 06, pp. 687–692, Dec. 2022, doi: 10.35530/it.073.06.1745.
- [32]T. Haddad, B. W. Shaheen, and I. Németh, "Improving Overall equipment Effectiveness (OEE) of extrusion machine using lean manufacturing approach," *Manufacturing technology*, vol. 21, no. 1, pp. 56–64, Feb. 2021, doi: 10.21062/mft.2021.006.
- [33]T. Aprianto, A. Nuryono, I. Setiawan, H. Kurnia, and H. H. Purba, "Waste analysis in the speaker box ASSY process to reduce lead time in the electronic musical instrument industry," *Quality Innovation Prosperity*, vol. 26, no. 3, pp. 53–65, Nov. 2022, doi: 10.12776/qip.v26i3.1744.
- [34]D. Guzel and A. S. Asiabi, "Increasing Productivity of Furniture Factory with Lean Manufacturing Techniques (Case Study)," *Tehnički Glasnik*, vol. 16, no. 1, pp. 82–92, Feb. 2022, doi: 10.31803/tg-20211010121240.
- [35]A. Cantini, F. De Carlo, and M. Tucci, "Towards forklift safety in a warehouse: an approach based on the automatic analysis of resource flows," *Sustainability*, vol. 12, no. 21, p. 8949, Oct. 2020, doi: 10.3390/su12218949.
- [36]S. A. Villacís and P. S. Burneo, "UAVs' efficient assembly: Lean Manufacturing implementation in a UAVs' Assembly Company," *International Journal of Industrial Engineering and Management*, no. Issue 4, pp. 237–252, Dec. 2020, doi: 10.24867/ijiem-2020-4-268.
- [37]B. Adeyemi, A. Ogbeyemi, and W. Zhang, "Combining simple motion measurement, lean analysis technique and historical data review for countering negative labor cost variance: A case study," *International Journal of Engineering Business Management*, vol. 13, p. 184797902110236, Jan. 2021, doi: 10.1177/18479790211023617.
- [38]K. Srisuk and K. Y. Tippayawong, "Improvement of raw material picking process in sewing machine factory using lean techniques," *Management and Production Engineering Review*, Mar. 2020, doi: 10.24425/mper.2020.132946.
- [39]B. Byrne, O. McDermott, and J. Noonan, "Applying lean six sigma methodology to a pharmaceutical manufacturing facility: a case study," *Processes*, vol. 9, no. 3, p. 550, Mar. 2021, doi: 10.3390/pr9030550.
- [40]M. M. Shahriar, Parvez, M. A. Islam, and S. Talapatra, "Implementation of 5S in a plastic bag manufacturing industry: A case study," *Cleaner Engineering and Technology*, vol. 8, p. 100488, Apr. 2022, doi: 10.1016/j.clet.2022.100488.
- [41]T. Küfner, F. Döpper, D. Müller, and A. G. Trenz, "Predictive maintenance: using recurrent neural networks for wear prognosis in current signatures of production plants," *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, pp. 583–591, Jan. 2021, doi: 10.18178/ijmerr.10.11.583-591.
- [42]T. Song and J. Zhou, "Research and implementation of lean production mode in shipbuilding," *Processes*, vol. 9, no. 11, p. 2071, Nov. 2021, doi: 10.3390/pr9112071.
- [43]J. Kádárová, M. Kočíšová, K. Teplická, A. Suhányiová, and L. Lachvajderová, "Optimization of costs and production process of fire dampers," *Applied Sciences*, vol. 12, no. 1, p. 75, Dec. 2021, doi: 10.3390/app12010075.
- [44]A. Silva, J. C. Sá, G. Santos, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, and M. T. Pereira, "A comparison of the application of the SMED methodology in two different cutting lines," *Quality Innovation Prosperity*, vol. 25, no. 1, pp. 124–149, Apr. 2021, doi: 10.12776/qip.v25i1.1446.
- [45]G. Garcia-Garcia, Y. Singh, and S. Jagtap, "Optimising Changeover through Lean-Manufacturing Principles: A Case Study in a Food Factory," *Sustainability*, vol. 14, no. 14, p. 8279, Jul. 2022, doi: 10.3390/su14148279.
- [46]A. N. A. Ahmad *et al.*, "Green Lean Practices towards Increasing Operation Value of Manufacturing Company," *International Journal of Integrated Engineering*, vol. 12, no. 7, Oct. 2020, doi: 10.30880/ijie.2020.12.07.015.
- [47]A. Kumar, R. Giri, S. Mishra, and N. Gupta, "Productivity improvement of HLLS using lean technique in assembly line of an automotive

- industry,” *Evergreen*, vol. 9, no. 2, pp. 356–366, Jun. 2022, doi: 10.5109/4794160.
- [48] S. Ghosh and K. Lever, “A lean proposal: development of value stream mapping for L’Oreal’s artwork process,” *Business Process Management Journal*, vol. 26, no. 7, pp. 1925–1947, May 2020, doi: 10.1108/bpmj-02-2020-0075.
- [49] A. Adeodu, M. G. Kanakana-Katumba, and M. Rendani, “Implementation of Lean Six Sigma for production process optimization in a paper production company,” *Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 14, no. 3, p. 661, Jul. 2021, doi: 10.3926/jiem.3479.
- [50] H. Vaagen and G. Ballard, “Lean and flexible project delivery,” *Applied Sciences*, vol. 11, no. 19, p. 9287, Oct. 2021, doi: 10.3390/app11199287.
- [51] Swales, J. M. (2012). *Research genres: Explorations and applications*. Cambridge University Press.