

# Impact of Continuous Improvement Methodologies on the Productivity of the Metalworking Industry: A Systematic Literature Review (2018-2023)

Angela Stefany Solis Nuñez<sup>1</sup>, Alexandra Nicole Villafuerte de la Cruz<sup>2</sup>, Alberto Deyvid Coello Acosta, Mg. <sup>3</sup>,  
Rebeca Salvador-Reyes, PhD.<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>Universidad Tecnológica del Perú, Perú, U17305747@utp.edu.pe, U23254584@utp.edu.pe, c26206@utp.edu.pe,  
rsalvador@utp.edu.pe

*Abstract- This Systematic Literature Review (SLR) addressed the effectiveness of continuous improvement methodologies in the metalworking industry, focusing on how these practices can optimize processes and increase productive efficiency. Through the analysis of existing literature from 2018 to 2023, strategies such as 5S, SMED, TPM, and Kanban were evaluated, highlighting their implementation in the metallurgical sector. Utilizing a PRISMA systematic review methodology and based on the PIOC acronym for the selection of keywords and the formulation of research questions, 20 relevant articles were identified and analyzed from the SCOPUS database. The results indicate a significant improvement in productivity, ranging from moderate increases to substantial enhancements, which underscores the importance of adapting and customizing interventions to the specific needs and challenges of each production environment. The research highlights the relevance of a detailed diagnosis and the careful selection of a suitable solution model, emphasizing that the duration of diagnosis and implementation are crucial for the success of the improvements. Furthermore, the need for holistic approaches that integrate technical improvements and personnel development is emphasized. This study confirms that the implementation of continuous improvement methodologies is an effective strategy to increase operational efficiency, although its maximum effectiveness is achieved through a contextualized and well-founded implementation.*

*Keywords—Metalworking industry, continuous improvement, productivity, SLR, PRISMA.*

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LACCEI).  
**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LACCEI).  
**DO NOT REMOVE**

# Impacto de las Metodologías de Mejora Continua en la Productividad de la Industria Metalmeccánica: Revisión Sistemática de Literatura (2018-2023)

Angela Stefany Solis Nuñez<sup>1</sup>, Alexandra Nicole Villafuerte de la Cruz<sup>2</sup>, Alberto Deyvid Coello Acosta, Mg.<sup>3</sup>,  
Rebeca Salvador-Reyes, PhD.<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>Universidad Tecnológica del Perú, Perú, U17305747@utp.edu.pe, U23254584@utp.edu.pe, c26206@utp.edu.pe,  
rsalvador@utp.edu.pe

**Resumen—** La presente Revisión Sistemática de la Literatura (RSL) abordó la eficacia de las metodologías de mejora continua en la industria metalmeccánica, enfocándose en cómo estas prácticas pueden optimizar los procesos y aumentar la eficiencia productiva. A través del análisis de la literatura existente entre 2018 y 2023, se evaluaron las estrategias como 5S, SMED, TPM y Kanban, destacando su implementación en el sector metalúrgico. Utilizando una metodología de revisión sistemática PRISMA y basándose en el acrónimo PIOC para la selección de palabras clave y la formulación de preguntas de investigación, se identificaron y analizaron 20 artículos relevantes desde la base de datos SCOPUS. Los resultados indican una mejora significativa en la productividad, variando desde incrementos moderados hasta mejoras sustanciales, lo cual subraya la importancia de adaptar y personalizar las intervenciones a las necesidades y desafíos específicos de cada entorno de producción. La investigación destaca la relevancia de un diagnóstico detallado y la selección cuidadosa de un modelo de solución adecuado, resaltando que la duración del diagnóstico y la implementación son cruciales para el éxito de las mejoras. Además, se enfatiza la necesidad de enfoques holísticos que integren mejoras técnicas y el desarrollo del personal. Este estudio confirma que la implementación de metodologías de mejora continua es una estrategia efectiva para incrementar la eficiencia operativa, aunque su máxima efectividad se logra a través de una implementación contextualizada y bien fundamentada.

**Palabras clave—** Industria metalmeccánica, mejor continua, productividad, RSL, PRISMA.

## I. INTRODUCCIÓN

La industria metalmeccánica representa un pilar crucial de la economía global y especialmente en América Latina donde representa 10% de la producción manufacturera y el 15% de las exportaciones, además de generar millones de empleos [1]. Este sector, que abarca desde la fabricación de maquinaria y equipos hasta la producción de componentes metálicos esenciales para sectores clave como la construcción, automotriz y aeroespacial, demanda innovación constante y eficiencia operativa para mantener su competitividad. Entre sus principales actividades se incluyen la forja, estampado, torneado y ensamblaje de metales, las cuales requieren un alto grado de precisión y eficiencia para producir bienes de calidad a costos competitivos. En este contexto, la necesidad de aumentar la productividad se vuelve imperativa, no solo para mejorar los márgenes de beneficio sino también para satisfacer las

crecientes demandas de un mercado en constante evolución [2], [3]. La adopción de metodologías de mejora continua se presenta como una estrategia clave para enfrentar estos desafíos, optimizando procesos y reduciendo desperdicios para elevar la competitividad de la industria [4], [5].

La mejora continua, entendida como un proceso integral que promueve la eliminación sistemática de ineficiencias en los procesos operativos e involucra a todo el personal en un esfuerzo conjunto [6], no solo busca reducir los tiempos de inactividad y elevar la productividad, sino también mejorar la calidad del producto, garantizar precios competitivos y fomentar la satisfacción y fidelidad del cliente [5]. Estrategias como Six Sigma, Lean Manufacturing, SMED (Single-Minute Exchange of Die), Kaizen, TPM (Total Productive Maintenance) y 5S se han establecido como prácticas eficaces para la optimización de procesos, al reducir costes y maximizar el rendimiento mediante la identificación y corrección de errores [7]. Estas mejoras incrementales y continuas se reconocen por su capacidad para inducir cambios positivos y duraderos [8].

Sin embargo, a pesar de la adopción de estas prácticas, la industria metalmeccánica enfrenta desafíos significativos que limitan su potencial de mejora. La variabilidad en la implementación de estas metodologías, junto con la falta de un entendimiento claro sobre las mejores prácticas y estrategias efectivas, ha generado brechas en el conocimiento que obstaculizan la optimización de los procesos y la maximización de la eficiencia. Haga clic o pulse aquí para escribir texto [9]. Este contexto resalta la necesidad de una exploración más profunda y sistemática de las prácticas de mejora continua para identificar aquellas más efectivas y adaptadas a las especificidades de la industria metalmeccánica.

Con el propósito de abordar estas brechas, la presente Revisión Sistemática de la Literatura (RSL) tuvo como objetivo analizar y sintetizar la literatura reciente disponible (2018-2023) sobre la aplicación de metodologías de mejora continua en la industria metalmeccánica. A través de una evaluación rigurosa de los estudios publicados, se buscó identificar los enfoques y procedimientos que han demostrado ser más efectivos para mejorar la productividad, así como los desafíos y factores clave para su exitosa implementación a fin de ofrecer una comprensión amplia y detallada que pueda servir de

fundamento para futuras investigaciones y prácticas en el campo, contribuyendo así a la mejora de la productividad y competitividad de la industria metalmeccánica a nivel global.

## II. METODOLOGÍA

Para alcanzar el objetivo planteado se realizó una RSL enfocada en el período 2018-2023 para examinar las metodologías de mejora continua en la industria metalmeccánica. Siguiendo la declaración PRISMA, se implementó una estrategia estructurada que comenzó con la formulación de una pregunta de investigación detallada, orientada por el marco PIOC (Problema, Intervención, Resultados, Contexto), para guiar eficazmente la selección y análisis de estudios pertinentes. Cabe resaltar que en esta investigación no se consideró del componente C de comparativo.

La pregunta central del estudio fue: "¿Qué soluciones ha desarrollado la industria metalmeccánica para aumentar la productividad mediante métodos de mejora continua?". Este planteamiento dirigió la identificación de términos clave, que unidos con los operadores booleanos, permitieron la estructuración de una ecuación de búsqueda: (Productivity OR delay OR process OR inefficiency) AND ("Continuous improvement" OR "lean six sigma" OR "six sigma" OR PDCA OR 5s OR "lean production" OR "lean management") AND (efficiency OR productivity OR quality OR "management system" OR "optimization" OR economic OR cost OR increase OR improvement) AND (metalmecanic OR metalworking OR metallurgy).

La búsqueda se realizó en la base de datos Scopus en noviembre de 2023. Se aplicaron los filtros de tiempo (2018-2023), tipo de documento (Article y Conference paper) y área (Ingeniería), obteniendo un total de 53 resultados. Para la filtración y selección se establecieron los siguientes criterios de selección:

- Criterios de inclusión: (1) Estudios referentes a la baja productividad en la Industria Metalmeccánica, (2) reportando resultados cuantitativos y cualitativos sobre mejora de la productividad, (3) con modelos de Mejora Continua validados e implementados en entornos reales o a través de simulaciones.
- Criterios de exclusión (C.E): (1) Trabajos en fase de propuesta y análisis teórico, (2) enfocados en otras industrias, (3) estudios en idiomas diferentes al español o inglés, y/o (4) artículos no relevantes para la mejora de productividad mediante Metodología Continua.

Luego de descargar de Scopus los datos o métricas de los estudios seleccionados, estos fueron pasados a un Excel donde se continuo con la fase de cribado por título y resumen. Se partió del análisis de los 53 artículos, de los cuales 23 de ellos fueron descartados por los criterios de inclusión y exclusión,

quedando como artículos recuperados para su evaluación a texto completo una cantidad de 30 estudios.

Al descargar los artículos cabe mencionar que 5 de ellos no fueron recuperados por encontrarse con acceso restringido, por ser artículos de suscripción de pago monetario, siendo esto una limitante del estudio.

Los estudios que pasaron al cribado a texto completo fueron 25, donde se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión. De ellos se descartó un artículo que no describía la metodología 5s con precisión. Así mismo, se excluyó un artículo que no abordaba el estudio en la industria manufacturera. De la misma forma, se descartaron 2 artículos que se encontraban en idiomas diferentes al español o inglés. Por último, se descartó un artículo que no se enfocaba en la mejora de la productividad. Finalmente, quedaron 20 estudios para su posterior análisis en la RSL. Todo este proceso de filtración se puede ver resumido en la Figura 1.

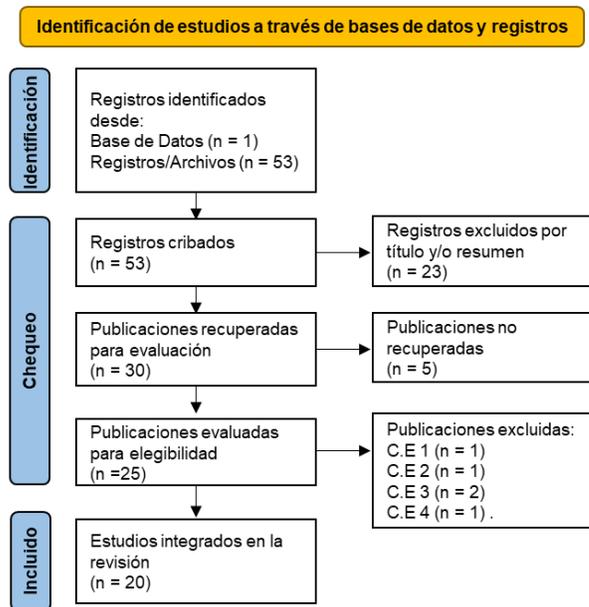


Fig 1. Flujo PRISMA de la filtración y selección de estudios

El presente estudio presenta limitaciones que deben considerarse para la interpretación adecuada de los resultados. Entre ellas, destacan el acceso restringido a algunos artículos por suscripción, la inclusión exclusiva de artículos en español o inglés que podría omitir investigaciones relevantes en otros idiomas, y la focalización en la industria metalmeccánica, limitando la generalización de los hallazgos a otras industrias. Además, se excluyeron estudios en fase teórica o de propuesta, centrando el análisis en aplicaciones prácticas ya validadas. Por último, la revisión se limitó a literatura publicada entre 2018 y 2023, omitiendo posiblemente perspectivas importantes de períodos anteriores. Estas consideraciones sugieren que los

resultados obtenidos reflejan una visión parcial por lo que deben ser interpretados con prudencia.

### III. RESULTADOS

Los resultados fueron estructurados en dos secciones principales: un análisis bibliométrico descriptivo de los estudios seleccionados, seguido de un análisis detallado de las características de interés alineadas con los objetivos de la RSL.

#### A. Análisis bibliométrico de los estudios seleccionados

La Tabla I resume los datos bibliométricos principales de las publicaciones seleccionadas, incluyendo el título del estudio, el nombre de la revista, el año de publicación y el número de citas. La distribución temporal de las publicaciones mostró una tendencia creciente, con un 10% (2 publicaciones) en 2018, 20% (4 publicaciones) en 2019, una disminución al 10% (2 publicaciones) en 2020, seguido de un aumento al 25% (5 publicaciones) en 2021 y 30% (6 publicaciones) en 2022. Este patrón ascendente refleja un interés creciente en la materia, aunque la disminución observada en 2020 se interpretó como un efecto directo de la pandemia de COVID-19, que restringió significativamente las actividades de investigación en el campo y la industria en general.

TABLA I  
DATOS BIBLIOMÉTRICOS DE LOS ESTUDIOS SELECCIONADOS

| Ref. | Título  | Revista                                   | Año  | Citas |
|------|---|---|------|-------|
| [10] | A Production Process Efficiency Improvement Model at a MSME Peruvian Metalworking Company   | AIP Conference Proceedings                | 2023 | 0     |
| [11] | Lean Production Model to Increase Equipment Availability in the Manufacturing Process of Gas Hose Connectors in Metalworking SMEs                     | Proceedings - 8 <sup>th</sup> ICIBE 2022  | 2022 | 1     |
| [12] | Maintenance management model to increase availability in a metalworking SME applying TPM, SMED and PDCA   | Proceedings of the LACCEI                 | 2022 | 0     |
| [13] | Production Management Model Based on Lean and DDMRP Tools to Increase the Rate of Project Compliance in Manufacturing SMEs in the Metalworking Sector | Proceedings - 8 <sup>th</sup> IESTEC 2022 | 2022 | 0     |
| [14] | Production model using Lean Manufacturing tools applied in a continuous production line of a Peruvian metalworking company                            | CONIITI 2022 - Conference Proceedings     | 2022 | 0     |
| [15] | Impact of the 5S methodology in the optimization of resources in metal mechanical companies   | Proceedings of the LACCEI                 | 2022 | 0     |
| [16] | Designing a Lean-based Production Management Model to Reduce Non-fulfilled Orders at a Metalworking Company   | Proceedings - 8 <sup>th</sup> ICIM 2022   | 2022 | 0     |
| [17] | Implementation of Lean and Logistics Principles to Reduce Non-conformities of a Warehouse in the Metalworking Industry                                | Proceedings - 10 <sup>th</sup> ICITM 2021 | 2021 | 5     |
| [18] | Improvement Model Based on Four Lean Manufacturing Techniques to  | ACM International                         | 2021 | 3     |

|      |   |   |      |    |
|------|---|---|------|----|
|      | Increase Productivity in a Metalworking Company   | Conference Proceeding                         |      |    |
| [19] | Process Improvement for the Reduction of Rework Applying TPM and Kaizen in a Company in the Metalworking Sector                                 | Lecture Notes in Networks and Systems         | 2021 | 0  |
| [20] | Lean Manufacturing Model for Production Management Based on SAP-LAP to Reduce Delays in the Production Line in Mypes of the Metalworking Sector | Lecture Notes in Networks and Systems         | 2021 | 0  |
| [21] | Process improvement proposal for the reduction of machine setup time in a copper transformation company using lean manufacturing tools.         | Advances in Intelligent Systems and Computing | 2021 | 2  |
| [22] | A Rapid Improvement Process through “Quick- Win” Lean Tools: A Case Study   | Systems                                       | 2020 | 18 |
| [23] | Non-metallic inclusions controlling at the ladle furnace (Lf) station   | Metalurgija                                   | 2020 | 0  |
| [24] | Application of Lean Manufacturing Tools to Reduce Downtime in a Small Metalworking Facility   | IEEE –ICIEEM Conference Proceeding            | 2019 | 3  |
| [25] | Evaluation of the supply chain to improve competitiveness and productivity in the metalworking industry in Barranquilla, Colombia               | Información Tecnológica                       | 2019 | 9  |
| [26] | Improving the machining process of the metalworking industry using the lean tool SMED   | Proceeding Manufacturing                      | 2019 | 21 |
| [27] | The use of suggestion system in polish enterprises from the metallurgical industry  | 28 <sup>th</sup> ICMM Conference Proceeding   | 2019 | 0  |
| [28] | Identification of causes of waste in the expedition processes of a metallurgical enterprise   | 27 <sup>th</sup> ICMM Conference Proceeding   | 2018 | 0  |
| [29] | Approaches to life-cycle cost analysis in metallurgy  | Metallurgy and Materials.                     | 2018 | 0  |

De los 20 artículos evaluados, una mayoría significativa, 16 (80%), correspondieron a contribuciones en conferencias, mientras que los 4 restantes (20%) se publicaron como artículos extendidos en revistas. Estos trabajos estuvieron predominantemente vinculados a eventos destacados en el ámbito de la ingeniería y la metalurgia, como LACCEI (*Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions*), CONIITI (Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería) y ICMM (*International Conference on Metallurgy and Materials*), resaltando su relevancia en la diseminación de avances relacionados con metodologías de mejora continua en la industria metalmecánica.

Respecto al impacto académico, los estudios liderados por los autores Monteiro *et al.* [26] y Rodrigues *et al.* [22] se destacaron al recibir 21 y 18 citas respectivamente. Estos estudios se distinguieron por su enfoque integral, abarcando desde la fase de diagnóstico hasta la validación y la implementación efectiva del modelo propuesto. Esta metodología rigurosa no solo demostró la eficacia de las soluciones en contextos prácticos, probablemente su relevancia empírica fue crucial para su adopción por parte de otros investigadores en el campo.

En cuanto a la afiliación de los estudios, la mayoría provenían de Perú (65%), seguidos por investigaciones de Portugal, Polonia, República Checa y Colombia (Fig. 2). Esta distribución podría estar asociada a una serie de factores que reflejan tanto la orientación estratégica de las políticas de investigación en estos países como el estado actual de la industria metalmeccánica en las respectivas regiones.

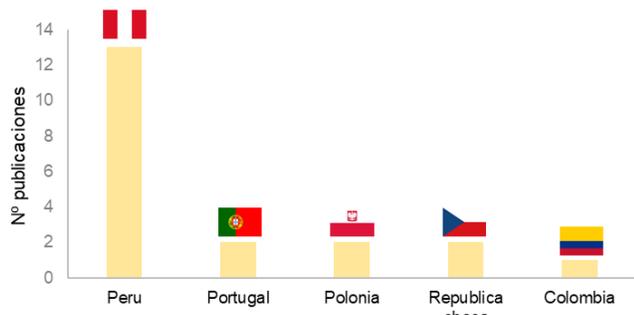


Fig. 2. Distribución de los estudios seleccionados y los países de filiación

A fin de identificar las tendencias temáticas de investigación, se realizó un análisis de incidencia de las palabras clave de los estudios seleccionados. El mapa de red generado por VOSviewer (Fig. 3), ilustró la interconexión y prevalencia de temas en la literatura sobre la industria metalmeccánica. La densidad de conexiones alrededor de términos como "lean manufacturing", "productivity" y "metalworking" destacaron la centralidad de estos conceptos en la investigación actual, indicando que son áreas de enfoque y de interés común en la literatura sobre mejora de la productividad en la industria metalmeccánica. Estos nodos que actúan como puntos de anclaje en la red, subrayan la importancia de las prácticas de manufactura esbelta y su impacto directo en la eficiencia y rendimiento de las operaciones metalmeccánicas.

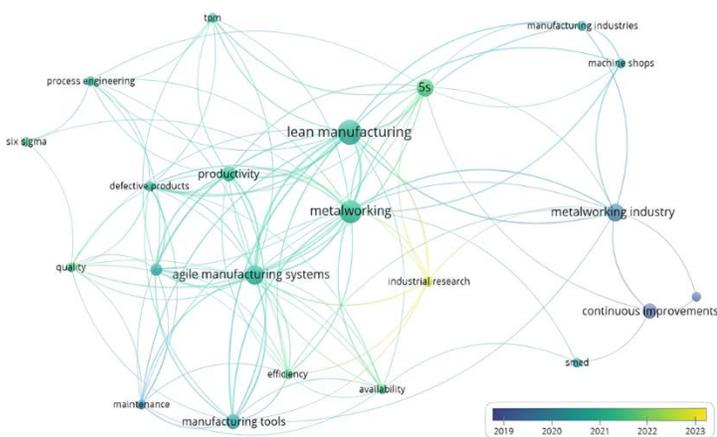


Fig. 3. Mapa de Red de Co-ocurrencia de Palabras Clave en Investigaciones de Mejora Continua de la Industria Metalmeccánica (2018-2023)

Otros términos significativos como "quality", "six sigma" y "agile manufacturing systems" también figuraron con prominencia, lo que sugiere que los estudios enfatizan la calidad y la adaptabilidad como factores cruciales en la optimización de procesos. La presencia de palabras clave como "efficiency", "manufacturing tools" y "maintenance" ilustra la preocupación por la operatividad efectiva y el mantenimiento como componentes esenciales para una mejora continua sostenible.

### B. Características de los estudios

1) *Enfoque y contexto:* Se identificaron principalmente dos tipos de estudios, aquellos enfocados en la validación múltiple y los estudios de caso (Tab. II). Los estudios de validación múltiple, que aparecen en las entradas [10], [12], [17], y [22], se centraron en evaluar la aplicabilidad y eficacia de las metodologías de mejora continua en diferentes escenarios sin especificar un área o producto particular, lo que sugiere un enfoque más generalizado o una aplicación en múltiples contextos. Por otro lado, los estudios de caso abordaban una gama de procesos específicos, principalmente en producción y, en menor medida, almacenamiento. Estos estudios de caso detallaban intervenciones en la producción de una diversidad de componentes y productos metalmeccánicos, desde mangueras de gas para autopartes hasta piezas complejas y productos finales como cerraduras, cables metálicos y estructuras de acero. Las actividades y rubros mencionados en la tabla reflejan una atención particular en la producción de autopartes, conjuntos metálicos, productos de acero como tuberías y cerraduras, y otros procesos como mecanizado y transformación de metales.

TABLA II  
ENFOQUE Y CARACTERÍSTICAS DEL CONTEXTO DE LOS ESTUDIOS SELECCIONADOS

| Ref. | Enfoque de estudio  | Area/proceso a mejorar | Actividades/Rubro/producto   |
|------|---------------------|------------------------|--|
| [10] | Validación múltiple | producción             | N.D  |
| [11] | Estudio de caso     | producción             | Producir autopartes: Manguera de gas   |
| [12] | Validación múltiple | producción             | N.D  |
| [13] | Estudio de caso     | producción y almacén   | Fabricación de conjuntos metálicos   |
| [14] | Estudio de caso     | producción             | Fabricación y comercialización de productos de acero : Tubería LAC                                 |
| [15] | Estudio de caso     | producción             | Fabricación de piezas, moldes de metales ligeros a base de acero                                   |
| [16] | Estudio de caso     | producción             | Fabricación. de tapas de hierro galvanizado. Cortado, Prensado, Ensamble, Soldadura y Galvanizado. |
| [17] | Validación múltiple | almacén                | N.D  |

|      |                     |            |   |      |  |         |   |
|------|---------------------|------------|---|------|--|---------|---|
| [18] | Estudio de caso     | producción | Fabricación y comercialización de productos a base de acero: cerraduras porta cilindros | [17] | Mapa flujo de valor, slooting y wave picks | N.D     | Mala gestión de los pedidos, productos dañados y stock ficticio                         |
| [19] | Estudio de caso     | producción | Fabricación y comercialización de productos a base de acero                             | [18] | N.D  | 3 meses | Tiempos improductivos y parada de la máquina  |
| [20] | Estudio de caso     | producción | Fabricación de acero inoxidable.  | [19] | N.D  | N.D     | Parada de la máquina (reproceso)  |
| [21] | Estudio de caso     | producción | Transformación de metales no ferrosos   | [20] | SAP Y LAP                                  | N.D.    | Retrasos en las entregas en la línea de producción.                                     |
| [22] | Validación múltiple | mecanizado | Desarrollo de válvulas de control de fluidos.   | [21] | Mapa de Flujo                              | N.D.    | Falta de estandarización en el proceso de instalación (deficiencia de acomodo y aseo)   |
| [23] | Estudio de caso     | producción | N.D   | [22] | Encuestas                                  | N.D.    | Falta de capacitación al personal de trabajo.   |
| [24] | Estudio de caso     | producción | Fabricación de rejillas secadoras de ladrillo.  | [23] | N.D.                                       | N.D     | N.D   |
| [25] | Estudio de caso     | N.D        | Fabricación de productos a base de acero  | [24] | N.D.                                       | N.D.    | Paralización de actividades en el transcurso de elaboración (falta de orden y limpieza) |
| [26] | Estudio de caso     | producción | Fabricación de cables metálicos   | [25] | Encuestas                                  | N.D.    | Falta de capacitación al personal de trabajo.   |
| [27] | Estudio de caso     | producción | N.D   | [26] | Mapa de flujo de valor                     | N.D.    | Eliminación de residuos y reducción de tiempo innecesarios                              |
| [28] | Estudio de caso     | producción | N.D   | [27] | N.D.                                       | N.D     | N.D   |
| [29] | Estudio de caso     | producción | N.D   | [28] | N.D.                                       | N.D     | N.D   |
|      |                     |            |   | [29] | N.D.                                       | N.D     | N.D   |

\*N.D: no se describe

\*N.D: no se describe

2) *Diagnóstico*: se emplearon una variedad de herramientas y enfoques para identificar las causas de la baja productividad (Tab. III). Algunos estudios, como se ve en [10], utilizaron Tableros de Gestión Visual, mientras que otros aplicaron métodos más formales como el Despliegue de la Política de Operaciones (DOP), Mapas de Flujo de Valor, Reportes A3, soluciones tecnológicas como SAP y LAP, y herramientas de recopilación de datos como encuestas. La duración de estos diagnósticos varió cuando se especificó, con algunos estudios, como [12], tomando hasta seis meses, mientras que otros, como [13] y [14], se completaron en tres meses. Un diagnóstico más extenso de 12 meses se menciona en [15] y [16], lo que sugiere un enfoque profundo y posiblemente más integral.

Las causas de la baja productividad identificadas fueron diversas pero apuntan a problemas comunes en la gestión de operaciones. Deficiencias en el proceso productivo, como el desorden y la falta de estandarización, fueron destacadas en [10] y [21]. Las paradas de máquinas y los tiempos improductivos fueron una preocupación recurrente, indicada en [11], [14], [18], [19] y [24]. La desorganización que involucra tanto a las máquinas como a los operadores fue señalada en [12], y problemas específicos como piezas faltantes o mal dimensionadas se identificaron en [16]. Las cuestiones de gestión, como la mala gestión de pedidos y el stock ficticio, se observaron en [17]. Además, la falta de capacitación del personal se mencionó en [22] y [25], lo que implica una necesidad de mejorar las competencias laborales.

TABLA III  
CARACTERÍSTICAS DEL DIAGNÓSTICO UTILIZADO EN LOS ESTUDIOS SELECCIONADOS

| Ref. | Herramienta                         | Duración | Causas identificadas   |
|------|-------------------------------------|----------|--|
| [10] | Tablero de Gestión Visual           | N.D      | Deficiencia en su proceso productivo (desorden)                                  |
| [11] | DOP                                 | N.D      | Paradas de las maquinas  |
| [12] | N.D                                 | 6 meses  | Desorganización que involucra el desempeño de máquinas y operadores              |
| [13] | N.D                                 | 3 meses  | El inventario y fallas en las máquinas   |
| [14] | N.D                                 | 3 meses  | Altos tiempos de preparación. Paradas no programadas y desperdicio de producción |
| [15] | N.D                                 | 12 meses | Defecto en el orden y mala instrucción de los trabajadores                       |
| [16] | Mapa de Flujo de Valor y Reporte A3 | 12 meses | Piezas faltantes y mal dimensionadas y paro de las prensas en las operaciones    |

3) *Modelo de solución*: Los modelos de solución implementados en los estudios se caracterizaron por una amplia gama de metodologías enfocadas tanto en la mejora continua como la optimización de procesos (Tab. IV). Herramientas como 5S [10], [11], [12], [13], [14], [15], [17], [18], [21], [24] y [26], TPM [12], [13], [18] y [19], SMED [12], [14], [16], [21] y [26], PDCA (Plan-Do-Check-Act) [12] y [17], y Kanban [16] y [24], se destacaron por su prevalencia, reflejando su reconocida eficacia en la industria.

El tipo de validación empleado varió entre implementación directa en la industria, pruebas piloto y simulaciones. La implementación directa, señalada en estudios como [10] y [15], permitió la aplicación de las metodologías en entornos reales y la observación de sus efectos inmediatos en la productividad. Las simulaciones, empleadas en estudios como [11], [12] y [16], y las pruebas piloto, indicadas en [13] y [14], permitieron a los investigadores evaluar los modelos de solución en

entornos controlados o a pequeña escala antes de un despliegue más amplio, proporcionando una oportunidad para ajustar y optimizar las estrategias.

TABLEA IV  
CARACTERÍSTICAS DEL MODELO DE SOLUCIÓN UTILIZADO EN LOS ESTUDIOS SELECCIONADOS

| Ref. | Metodología                    | Tipo de validación | Duración |
|------|--------------------------------|--------------------|----------|
| [10] | 5s                             | implementación     | N.D      |
| [11] | 5s y ABC                       | simulación         | N.D      |
| [12] | 5S, TPM, SMED Y PDCA           | simulación         | 6 meses  |
| [13] | ABC, JIT, 5S y TPM             | tes piloto         | 3 meses  |
| [14] | SMED, TPM y 5s                 | tes piloto         | 3 meses  |
| [15] | 5S                             | implementación     | 12 meses |
| [16] | Kanban, SMED, Poka-Yoke y 5s   | simulación         | 12 meses |
| [17] | 5s,PDCA, Lean Warehousing      | simulación         | N.D      |
| [18] | 5s, TPM, Six Sigma y Poka Yoke | simulación         | 3 meses  |
| [19] | TPM y Kaizen.                  | tes piloto         | N.D      |
| [20] | Lean Manufacturing             | simulación         | N.D      |
| [21] | SMED y 5S                      | implementación     | N.D.     |
| [22] | Lean Tools                     | implementación     | 3 meses  |
| [23] | N.D                            | N.D                | N.D      |
| [24] | 5S y Kanban                    | simulación         | N.D      |
| [25] | Cadena de suministro           | simulación         | N.D.     |
| [26] | SMED                           | implementación     | N.D.     |
| [27] | N.D.                           | N.D.               | N.D.     |
| [28] | N.D.                           | N.D.               | N.D.     |
| [29] | N.D.                           | N.D.               | N.D.     |

\*N.D: no se describe

La duración de la validación de los modelos se especificó solo en algunos de los estudios, con períodos que variaban de tres a doce meses. Estos tiempos reflejaron el nivel de compromiso y la profundidad del análisis realizado para validar la efectividad de las soluciones propuestas. Por ejemplo, un período más largo de 12 meses, mencionado en [15] y [16], sugiere una evaluación exhaustiva de los modelos de solución, ya que se abarcó múltiples ciclos de producción o que garantiza la consistencia y fiabilidad de los resultados.

Los modelos de solución emplean una combinación de herramientas que abordan varios aspectos de la producción, desde la organización del lugar de trabajo hasta la planificación y el mantenimiento. Esta variedad indica un enfoque holístico, donde la complementariedad de las herramientas se utiliza para lograr mejoras significativas en la productividad.

4) *Resultados:* Los resultados de la mejora de la productividad tras la implementación de las metodologías de mejora continua en los estudios analizados muestran un incremento significativo en la mayoría de los casos. La Tabla V proporciona una comparación directa de los porcentajes de productividad 'Antes' y 'Después' de las intervenciones, así como el porcentaje de 'Mejora' logrado.

La interpretación de estos datos sugiere los siguientes puntos clave:

- **Mejoras Sustanciales:** Estudios como [12], [13], [16], y [22] revelaron mejoras sustanciales, superando el 12% y llegando hasta un notable 28.70% en el caso de [13]. Estas mejoras más pronunciadas sugieren de cambios más profundos en los sistemas de producción, así como la adopción de prácticas completamente nuevas y más eficientes.
- **Mejoras Moderadas:** Algunos estudios como [10], [11], [14], [18], y [23] mostraron mejoras moderadas en productividad, con incrementos que oscilan entre el 5% y el 9.60%. Estos incrementos, aunque no son tan elevados como en otros casos, son significativos y reflejan cambios en prácticas específicas y/o ajustes finos en los procesos existentes.
- **Mejoras Menores:** En [19] y [27], las mejoras fueron menos notables, siendo de 5% y 3.99% respectivamente. Aunque más modestas, estas mejoras aún pueden representar progresos valiosos en términos de eficiencia y competitividad.

Es importante destacar que en los casos donde la productividad 'Antes' y 'Después' no está disponible (N.D.), no se pudo hacer afirmaciones concretas sobre la efectividad de las intervenciones. Sin embargo, la tendencia general en los datos disponibles sugiere que la implementación de estas metodologías de mejora continua tiene un impacto positivo en la productividad de la industria metalmeccánica.

TABLEA V  
RESULTADOS DE LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LOS ESTUDIOS SELECCIONADOS

| Ref. | Antes  | Después | Mejora |
|------|--------|---------|--------|
| [10] | 69.56% | 75.98%  | 6.42%  |
| [11] | 75.32% | 82.13%  | 6.81%  |
| [12] | 71.13% | 83.75%  | 12.60% |
| [13] | 30.74% | 59.48%  | 28.70% |
| [14] | 68.50% | 73.98%  | 5%     |
| [15] | N.D    | N.D     | N.D    |
| [16] | 72.58% | 96.02%  | 23.44% |
| [17] | 64.12% | 72.50%  | 8.38%  |
| [18] | 67%    | 76.60%  | 9.60%  |
| [19] | 57%    | 62%     | 5%     |
| [20] | N.D    | N.D     | N.D    |
| [21] | N.D    | N.D     | N.D    |
| [22] | 28.44% | 48.96%  | 20.52% |
| [23] | 68%    | 73%     | 5%     |
| [24] | N.D    | N.D     | N.D    |
| [25] | 4.83%  | 12.59%  | 7.76%  |
| [26] | N.D    | N.D     | N.D    |
| [27] | 5.52%  | 9.51%   | 3.99%  |
| [28] | N.D    | N.D     | N.D    |
| [29] | N.D    | N.D     | N.D    |

\*N.D: no se describe

#### IV. DISCUSIÓN

Los resultados de la presente RSL ilustran de manera concluyente la eficacia de las metodologías de mejora continua en incrementar la productividad dentro de la industria metalmecánica. Las variaciones en los incrementos de productividad, desde mejoras moderadas en estudios como [10], [11], [14], [18] y [23], hasta mejoras sustanciales en [13], [16] y [22], reflejan la influencia significativa del contexto específico, la profundidad del diagnóstico y la adecuación del modelo de solución aplicado. Estos hallazgos son consistentes con estudios anteriores que han destacado la eficacia de estrategias como Lean Manufacturing y Six Sigma en diferentes sectores industriales, particularmente manufactura [30], [31], [32].

Sin embargo, es crucial considerar cómo estos métodos se adaptan y aplican en contextos variados, reflejando la diversidad geográfica y de producción. Por ejemplo, estudios como los realizados por Kumar et al. [31] y Palange y Dhattrak [30] muestran la implementación efectiva de estrategias Lean en diferentes regiones y sectores, subrayando la necesidad de adaptar estas metodologías para maximizar su efectividad

El uso recurrente de metodologías como 5S en [10], [11], [12], [13], [14], [15], [17], [18], [21], [24], y [26], TPM y Lean Manufacturing, resaltan la adaptabilidad y efectividad de estas estrategias en el sector. Sin embargo, la disparidad en los porcentajes de mejora subraya que la implementación precisa y contextualizada de estas herramientas es crucial para su éxito. Los estudios con mejoras sustanciales en la productividad, como [13] y [16], que registraron incrementos del 28.70% y 23.44% respectivamente, se caracterizan por la implementación de metodologías combinadas y un enfoque integral desde el diagnóstico hasta la implementación. Estos casos destacan la efectividad de un enfoque multidimensional que se adapta a las necesidades y desafíos específicos del entorno de producción. Por ejemplo, la combinación de ABC, JIT, 5S, y TPM en el estudio [13], y Kanban, SMED, Poka-Yoke, y 5S en [16], sugiere que una estrategia holística, que aborda múltiples aspectos del proceso de producción, puede ser clave para lograr mejoras significativas. En contraste, las mejoras más moderadas observadas en estudios como [10] y [18] pueden estar asociadas a la aplicación de enfoques más focalizados. Aunque estos incrementos son menores, son indicativos de la importancia de ajustes precisos en procesos específicos, y resaltan el valor de mejoras graduales en sistemas de producción ya optimizados. La especificidad de estas intervenciones refleja la necesidad de alinear las metodologías de mejora con las características únicas de cada contexto productivo.

La duración del proceso de diagnóstico y de validación del modelo de solución emerge como un factor crucial en la eficacia de las intervenciones. Los estudios [15] y [16], con procesos que se extendieron por 12 meses, ejemplifican cómo un compromiso a largo plazo con el análisis y la adaptación de las intervenciones puede conducir a resultados más profundos y sostenibles. Esto enfatiza la importancia de dedicar el tiempo

necesario para comprender en profundidad el entorno operativo y para diseñar intervenciones bien fundamentadas.

Las causas de la baja productividad identificadas, tales como paradas de máquinas y desorganización, destacan la necesidad de enfoques que abarquen tanto mejoras técnicas como la capacitación y el compromiso del personal. La identificación de estas causas comunes en estudios como [11], [12], [18] y [22] sugiere áreas prioritarias para intervenciones enfocadas en mejorar la eficiencia operativa.

Además, los resultados revelan la importancia de adaptar y personalizar las soluciones de mejora a las particularidades de cada contexto de producción. Esta adaptabilidad, ilustrada en estudios con variadas metodologías y contextos [13], [16] y [22], subraya la necesidad de un enfoque flexible y personalizado para lograr optimizaciones efectivas en la productividad.

Por tanto, la interacción entre el contexto específico, un diagnóstico exhaustivo y la elección cuidadosa de un modelo de solución adecuado es clave para lograr incrementos significativos en la productividad. La variabilidad en los resultados obtenidos refleja no solo la eficacia intrínseca de las metodologías aplicadas sino también la habilidad para integrar estos enfoques de manera efectiva y contextualizada, destacando la importancia de un entendimiento integral del entorno operativo en el proceso de mejora continua.

Finalmente, es imperativo reconocer que la mejora continua no es un proceso estático, sino una adaptación constante a los cambios y desafíos emergentes en la industria metalmecánica. Este enfoque dinámico asegura que las metodologías implementadas no solo respondan a las necesidades actuales, sino que también anticipen futuras exigencias del mercado y de la producción. Los resultados de esta RSL sugieren que, al incorporar un enfoque sistemático y personalizado que integra tanto la tecnología como el desarrollo humano, las organizaciones pueden no solo mejorar su eficiencia operativa, sino también fortalecer su competitividad en un entorno industrial cada vez más exigente. Este estudio destaca, por tanto, la relevancia de la flexibilidad y la innovación continua en la aplicación de estrategias de mejora para cultivar un entorno productivo que se adapte y prospere ante los desafíos del futuro.

## V. CONCLUSIÓN

La presente RSL ha demostrado que la aplicación de metodologías de mejora continua en la industria metalmecánica conduce a un aumento significativo en la productividad, evidenciando que el éxito depende de una comprensión profunda del contexto específico, un diagnóstico exhaustivo y la implementación de soluciones adaptadas. Las variaciones en los resultados de mejora reflejan la importancia de combinar y personalizar metodologías como 5S, TPM y Lean Manufacturing a las particularidades de cada empresa. Esta investigación subraya la necesidad de un enfoque holístico que abarque tanto las mejoras técnicas como el desarrollo del

personal, y la importancia de un compromiso a largo plazo para lograr mejoras sostenibles. En última instancia, la efectividad de las intervenciones de mejora continua en la industria metalmecánica se maximiza a través de su integración cuidadosa y contextualizada, proporcionando una guía valiosa para futuras investigaciones y prácticas operativas.

#### AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Tecnología del Perú (UTP) por facilitarnos el acceso a bases de datos esenciales para la recuperación de los estudios utilizados en la presente RSL.

#### REFERENCIAS

[1] N. Unidas and U. Nations, "International Trade Outlook for Latin America and the Caribbean The challenge of boosting manufacturing exports." [Online]. Available: [www.issuu.com/publicacionescepal/stacks](http://www.issuu.com/publicacionescepal/stacks)

[2] B. Armbruster, "Fine metalworking tools and workshops in Western and Northern Europe. a diachronic consideration," in *Metalworkers and their Tools: Symbolism, Function, and Technology in the Bronze and Iron Ages*, Archaeopress, 2023, pp. 1–35.

[3] J. M. Miller, J. D. Mote, and H. E. Otto, "Brazil: Explosive Metalworking Program," in *Appropriate Technology for Development: A Discussion and Case Histories*, Taylor and Francis, 2019, pp. 275–290. doi: 10.4324/9780429051418-15.

[4] C. Cochran, "The continual improvement process: from strategy to the bottom line," p. 176, 2003, Accessed: Feb. 13, 2024. [Online]. Available: [https://books.google.com/books/about/The\\_Continual\\_Improvement\\_Process.html?hl=es&id=kVfRHUvWShkC](https://books.google.com/books/about/The_Continual_Improvement_Process.html?hl=es&id=kVfRHUvWShkC)

[5] A. M. G. González and G. H. Moreno, *Poder KAIZEN: El método preferido de MEJORA CONTINUA para maximizar los RESULTADOS de toda organización GARANTIZADO*. Gustavo Hernández Moreno, 2018. [Online]. Available: <https://books.google.com.pe/books?id=WPxcDwAAQBAJ>

[6] J. Martínez and A. Wellens, "Continual improvement in the insert machining process at a metalworking facility," *European Modeling and Simulation Symposium, EMSS*, pp. 220–223, 2021, doi: 10.46354/I3M.2021.EMSS.030.

[7] M. Martins, R. Godina, C. Pimentel, F. J. G. Silva, and J. C. O. Matias, "A Practical Study of the Application of SMED to Electron-beam Machining in Automotive Industry," *Procedia Manuf*, vol. 17, pp. 647–654, Jan. 2018, doi: 10.1016/J.PROMFG.2018.10.113.

[8] C. Rosa, F. J. G. Silva, and L. P. Ferreira, "Improving the Quality and Productivity of Steel Wire-robe Assembly Lines for the Automotive Industry," *Procedia Manuf*, vol. 11, pp. 1035–1042, Jan. 2017, doi: 10.1016/J.PROMFG.2017.07.214.

[9] I. M. Ribeiro, R. Godina, C. Pimentel, F. J. G. Silva, and J. C. O. Matias, "Implementing TPM supported by 5S to improve the availability of an automotive production line," *Procedia Manuf*, vol. 38, pp. 1574–1581, Jan. 2019, doi: 10.1016/J.PROMFG.2020.01.128.

[10] L. Del Rosario-Malasquez, E. Dulce-Meneses, G. Viacava-Campos, and L. Cardenas, "A Production Process Efficiency Improvement Model at a MSME Peruvian Metalworking Company," *AIP Conf Proc*, vol. 2613, no. 1, Jan. 2023, doi: 10.1063/5.0119648/2866321.

[11] J. Padilla-Triveno and J. C. Quiroz-Flores, "Lean Production Model to Increase Equipment Availability in the Manufacturing Process of Gas Hose Connectors in Metalworking SMEs," *ACM International Conference Proceeding Series*, pp. 275–281, Sep. 2022, doi: 10.1145/3568834.3568893.

[12] M. Espinoza-Huamash, B. Eng, I. B. Arana-Hurtado Eng, and C. M. León-Chavarri Eng, "Maintenance management model to increase availability in a metalworking SME applying TPM, SMED and PDCA," no. 1. Aug. 18, 2022. doi: 10.18687/LEIRD2022.1.1.70.

[13] A. Gonzales-Romero, I. J. Huamani-Martinez, J. C. Quiroz-Flores, and B. H. Diaz-Garay, "Production Management Model Based on Lean and DDMRP Tools to Increase the Rate of Project Compliance in

Manufacturing SMEs in the Metalworking Sector," *Proceedings - 2022 8th International Engineering, Sciences and Technology Conference, IESTEC 2022*, pp. 38–45, 2022, doi: 10.1109/IESTEC54539.2022.00015.

[14] J. Carlos Quiroz-Flores and M. Fidel Collao-Diaz, "Production model using Lean Manufacturing tools applied in a continuous production line of a Peruvian metalworking company," 2022 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería, CONIITI 2022 - Conference Proceedings, 2022, doi: 10.1109/CONIITI57704.2022.9953698.

[15] J. Velasquez-Costa, "Impact of the 5S methodology in the optimization of resources in metalworking companies." Aug. 18, 2022. doi: 10.18687/LACCEI2022.1.1.594.

[16] G. Apaza-Casabona, S. Bacilio-Peve, C. Leon-Chavarri, and E. Ramos-Palomino, "Designing a Lean-based Production Management Model to Reduce Non-fulfilled Orders at a Metalworking Company," *Proceedings - 2022 8th International Conference on Information Management, ICIM 2022*, pp. 135–140, 2022, doi: 10.1109/ICIM56520.2022.00031.

[17] N. Y. E. Sanchez, P. Y. S. Santos, G. E. M. Lastra, J. C. Q. Flores, and J. C. A. Merino, "Implementation of Lean and Logistics Principles to Reduce Non-conformities of a Warehouse in the Metalworking Industry," *Proceedings - 2021 10th International Conference on Industrial Technology and Management, ICITM 2021*, pp. 89–93, Mar. 2021, doi: 10.1109/ICITM52822.2021.00024.

[18] I. Carranza Inga, E. Villayzan Palomino, E. Altamirano, and C. Del Carpio, "Improvement Model Based on Four Lean Manufacturing Techniques to Increase Productivity in a Metalworking Company," *ACM International Conference Proceeding Series*, pp. 95–99, Jan. 2021, doi: 10.1145/3447432.3447442.

[19] A. Murga-Vasquez, J. Valenzuela-Garcia, and P. Castro-Rangel, "Process Improvement for the Reduction of Rework Applying TPM and Kaizen in a Company in the Metalworking Sector," *Lecture Notes in Networks and Systems*, vol. 274, pp. 328–335, 2021, doi: 10.1007/978-3-030-80462-6\_41/TABLES/3.

[20] A. Leon-Huerta, L. Zamora-Huamancha, E. Altamirano-Flores, and C. Raymundo, "Lean Manufacturing Model for Production Management Based on SAP-LAP to Reduce Delays in the Production Line in Mypes of the Metalworking Sector," *Lecture Notes in Networks and Systems*, vol. 274, pp. 473–481, 2021, doi: 10.1007/978-3-030-80462-6\_57/TABLES/5.

[21] A. Lora-Soto, C. Morales-Silva, J. Llontop-Jesus, and N. Mamani, "Process improvement proposal for the reduction of machine setup time in a copper transformation company using lean manufacturing tools," *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 1253 AISC, pp. 585–591, 2021, doi: 10.1007/978-3-030-55307-4\_89/TABLES/2.

[22] J. Rodrigues, J. C. Sá, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, G. Jimenez, and G. Santos, "A Rapid Improvement Process through 'Quick-Win' Lean Tools: A Case Study," *Systems 2020*, Vol. 8, Page 55, vol. 8, no. 4, p. 55, Dec. 2020, doi: 10.3390/SYSTEMS8040055.

[23] M. Warzecha, "Non-Metallic inclusions controlling at the ladle furnace (LF) station", *Metalurgia*, vol 5, p. 503-506, 2020. Accessed Feb 13, 2024. [Online]. <https://hrcak.srce.hr/file/350177>

[24] F. K. De-La-Cruz-Arcela, J. S. Martínez-Castillo, E. Altamirano-Flores, and J. C. Alvarez-Merino, "Application of Lean Manufacturing Tools to Reduce Downtime in a Small Metalworking Facility," *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, pp. 551–555, Dec. 2019, doi: 10.1109/IEEM44572.2019.8978711.

[25] K. Salas-Navarro et al., "Evaluation of the Supply Chain to Improve Competitiveness and Productivity in the Metalworking Industry in Barranquilla, Colombia," *Información tecnológica*, vol. 30, no. 2, pp. 25–32, Mar. 2019, doi: 10.4067/S0718-07642019000200025.

[26] C. Monteiro, L. P. Ferreira, N. O. Fernandes, J. C. Sá, M. T. Ribeiro, and F. J. G. Silva, "Improving the Machining Process of the Metalworking Industry Using the Lean Tool SMED," *Procedia Manuf*, vol. 41, pp. 555–562, Jan. 2019, doi: 10.1016/J.PROMFG.2019.09.043.

[27] S. T. Dziuba and M. Ingaldi, "The use of suggestion system in Polish enterprises from the metallurgical industry," *METAL 2019 - 28th International Conference on Metallurgy and Materials, Conference Proceedings*, pp. 1905–1910, Jan. 2019, doi: 10.37904/METAL.2019.978.

[28] T. Malcic, M. Cech, P. Wicher, R. Lenort, "Identification of causes of waste in the expedition processes of metallurgical enterprise", *Metal*, pp.

- 1922-1928, 2018 Accessed Feb 13, 2024. [Online]. <https://www.confer.cz/metal/2018/read/1095-identification-of-causes-of-waste-in-the-expeditionary-processes-of-a-metallurgical-enterprise.pdf>
- [29] K. Sulc, L. Svecova, "Approaches to life-cycle cost analysis in metallurgy", *Metal*, pp. 1859-1862, 2018. Accessed Feb 13, 2024. [Online]. <https://www.confer.cz/metal/2018/read/1105-approaches-to-life-cycle-cost-analysis-in-metallurgy.pdf>
- [30] A. Palange, P. Dhattrak. "Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing", *Materialstoday: Proceedings*, vol 46, pp 729-736, 2021. Accessed: May 09, 2024. [Online]. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.193>
- [31] N. Kumar, S.S. Hasan, K.Srivastava, R. Akhtar, R.K. Yadav, V.K. Choubey. "Lean manufacturing techniques and its implementation: A review", *Materialstoday: Proceedings*, vol. 64, pp. 1188-1192, 2022, Accessed: May 09, 2024. [Online]. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.481>
- [32] S. Tampubolon, H.H. Purba, "Lean Six Sigma Implementation, A Systematic Literature Review", vol 2, pp. 125-139. Accessed: May 09, 2024. [Online]. <https://doi.org/10.4995/ijpme.2021.14561>