

# Effectiveness of Lean Manufacturing and Six Sigma in Process Optimization in SMEs: A Systematic Literature Review (2018-2023)

Idalia Nicol Asis Jimenez<sup>1</sup>, Carmen Rosa Mejia Maximiliano<sup>2</sup>, Gonzalo Alberto Carrillo Ureta, Mg.<sup>3</sup>, Rebeca Salvador-Reyes, PhD.<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Universidad Tecnológica del Perú, Perú, U18308383@utp.edu.pe, U18309696@utp.edu.pe, gcarrillo@utp.edu.pe, rsalvador@utp.edu.pe

*Abstract: This study investigates the adoption of Lean Manufacturing (LM) and Six Sigma (SS) in Peruvian small and medium-sized enterprises (SMEs), aiming to assess their impact on productivity and quality improvement. Employing a Systematic Literature Review (SLR) approach with PRISMA criteria and the PIOC acronym for study selection, relevant research published between 2018 and 2023 was examined. A total of 24 pertinent articles from the SCOPUS database were identified and analyzed using a PRISMA systematic review methodology and based on the PIOC acronym for keyword selection and research question formulation. Findings indicate that while LM and SS have the potential to significantly optimize operational processes and enhance quality standards, effective implementation is hindered by barriers related to the lack of specialized knowledge and practical experience with these methodologies. The analysis emphasizes the importance of a personalized and contextualized approach to overcome these limitations, highlighting the necessity of adapting these practices to the specific conditions and needs of SMEs for their success. Furthermore, the need for continuous training and skill development in personnel to maximize LM and SS benefits is stressed, proposing a strategic framework for their effective integration into the Peruvian business environment. This study contributes to the existing literature by providing an updated perspective on the applicability and efficacy of LM and SS in the SME context, offering guidelines for future research and business practices.*

**Keywords:** Lean Manufacturing, Six Sigma, SMEs, productivity, quality.

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LACCEI).

**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LACCEI).

**DO NOT REMOVE**

# Efectividad de Lean Manufacturing y Six Sigma en la Optimización de Procesos en PYMES: Revisión Sistemática de Literatura (2018-2023)

Idalia Nicol Asis Jimenez<sup>1</sup>, Carmen Rosa Mejia Maximiliano<sup>2</sup>, Gonzalo Alberto Carrillo Ureta, Mg. <sup>3</sup>, Rebeca Salvador-Reyes, PhD. <sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Universidad Tecnológica del Perú, Perú, U18308383@utp.edu.pe, U18309696@utp.edu.pe, gcarrillo@utp.edu.pe, rsalvador@utp.edu.pe

**Resumen**– Este estudio explora la adopción de Lean Manufacturing (LM) y Six Sigma (SS) en pequeñas y medianas empresas (PYMES) peruanas, con el objetivo de determinar su impacto en la mejora de la productividad y calidad. Utilizando un enfoque de Revisión Sistemática de la Literatura (RSL) con criterios PRISMA y el acrónimo PIOC para la selección de estudios, se analizaron investigaciones relevantes publicadas entre 2018 y 2023. 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 24 artículos relevantes desde la base de datos SCOPUS. Los hallazgos sugieren que, aunque LM y SS tienen el potencial de optimizar significativamente los procesos operativos y elevar los estándares de calidad, su implementación efectiva se ve obstaculizada por barreras relacionadas con la falta de conocimiento especializado y experiencia práctica en estas metodologías. Este análisis subraya la importancia de un enfoque personalizado y contextualizado para superar dichas limitaciones, destacando que la adaptación de estas prácticas a las condiciones y necesidades específicas de las PYMES es crucial para su éxito. Además, se enfatiza la necesidad de capacitación continua y desarrollo de habilidades en el personal para maximizar los beneficios de LM y SS, proponiendo un marco estratégico para su integración efectiva en el entorno empresarial peruano. Este estudio contribuye a la literatura existente al proporcionar una perspectiva actualizada sobre la aplicabilidad y eficacia de LM y SS en el contexto de las PYMES, ofreciendo directrices para futuras investigaciones y prácticas empresariales.

**Palabras clave**-- Lean Manufacturing, Six Sigma, PYMES, productividad, calidad.

## I. INTRODUCCIÓN

En el Perú las Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES) constituyen un pilar fundamental en la economía del país. Representando el 96.4% de las empresas formales [1], contribuyendo con aproximadamente el 21% al Producto Bruto Interno y generando el 99% de la oferta laboral [2]. Este sector no solo impulsa la actividad económica a través del empleo y la producción, sino que también juega un papel crucial en la dinamización de mercados locales y la innovación. Sin embargo, muchas de estas empresas enfrentan desafíos significativos en términos de eficiencia y adaptabilidad, manteniéndose arraigadas en procesos tradicionales por temor

a los costos y complicaciones que podrían surgir al adoptar nuevas metodologías para la mejora de procesos.

En este contexto, metodologías como Lean Manufacturing (LM) y Six Sigma (SS) emergen como soluciones prometedoras, ofreciendo estrategias para optimizar la producción y mejorar la calidad, respectivamente. LM se centra en la eliminación de desperdicios y la mejora continua [3], mientras que SS aplica un enfoque riguroso y estadístico para reducir defectos y variabilidad en los procesos [4]. A pesar de sus potenciales beneficios, la implementación de estas metodologías en las PYMES peruanas se ha visto limitada por barreras como la falta de conocimiento especializado y experiencia práctica, lo que subraya la necesidad de una investigación detallada sobre su aplicabilidad y efectividad en este sector.

La relevancia de realizar una revisión sistemática de literatura sobre este tema se justifica por el rápido cambio en las demandas de producción, donde las PYMES deben producir más, en menos tiempo, con recursos limitados. La última revisión significativa sobre LM en el contexto de las PYMES fue realizada en 2018 por Saini et al. [5], y en el caso de SS, por Pradhan et al. [6] en 2019. Desde entonces, ha surgido una cantidad considerable de nueva literatura, destacando la importancia de actualizar y sintetizar los conocimientos existentes para abordar las brechas y desafíos actuales en la implementación de estas metodologías.

El objetivo principal de esta Revisión Sistemática de Literatura (RSL) es analizar y sintetizar la literatura existente sobre la implementación de LM y SS en las PYMES, con especial énfasis en la mejora de la productividad y calidad en sus procesos. Este análisis busca ofrecer una comprensión profunda del impacto de estas metodologías, proporcionando una base sólida para su adopción efectiva y, por ende, contribuir a la mejora sustancial en la competitividad y sostenibilidad de rubro en el Perú.

## II. METODOLOGÍA

Para investigar la efectividad de LM y SS en la mejora de la productividad y calidad de los procesos en PYMES, se adoptó un enfoque sistemático siguiendo las directrices PRISMA para el período 2018-2023. La estrategia de investigación se estructuró en torno a una pregunta de investigación precisa, formulada con el apoyo del marco PIOC

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

(Problema, Intervención, Resultados, y Contexto), facilitando así una búsqueda y análisis riguroso de la literatura relevante.

La pregunta central del estudio fue: ¿Cuál es el impacto de implementar LM y SS en la mejora de la productividad y calidad en los procesos de las PYMES?. Se desarrolló una ecuación de búsqueda avanzada combinando términos clave relacionados con la calidad y productividad, metodologías específicas (LM y SS), y el contexto de las PYMES, utilizando operadores booleanos para maximizar la relevancia y precisión de los resultados: ( TITLE-ABS-KEY ( quality OR production ) AND TITLE-ABS-KEY( "Lean Manufacturing" OR 5s OR tpm OR kanban OR "Poka Yoke" OR heijunka OR smd O Randon OR "Takt time" OR "Six Sigma" OR dmaic OR amef OR dmadv OR "Pareto Chart" OR "Fishbone Diagram" OR "Value Stream Map" OR kaisen OR "Control chart" OR "Dispersion diagram" OR histogram OR flowchart OR "Check list" OR vsm OR tqm OR spp OR smed ) AND TITLE-ABS-KEY ( "Defect rate" OR productivity OR effiecnce OR yield OR "customer satisfaction" OR quality OR compliance OR time OR cost OR improve\* OR decreas\* OR increas\* OR kpi OR optimization ) AND TITLE-ABS-KEY ( sme OR "Small enterprise" OR "medium enterprise" OR "small factory" OR "medium factory" OR "small business" OR "medium business" ) ).

La búsqueda se llevó a cabo en la base de datos Scopus en noviembre de 2023, aplicando filtros de tiempo (2018-2023), tipo de documento (artículos y ponencias de conferencias), e idioma (español e inglés), resultando en 323 registros iniciales. Para la filtración y selección se establecieron los siguientes criterios de selección:

*Criterios de inclusión*

- CI. 1: Estudios que abordan la mejora de la productividad, eficiencia, y/o calidad en procesos de producción en PYMES.
- CI. 2: Investigaciones que validan modelos de solución con LM y/o SS mediante su implementación en entornos reales, reportando resultados cualitativos y/o cuantitativos.

*Criterios de exclusión:*

- CE.1: Propuestas teóricas o simulaciones sin aplicación real de LM y SS.
- CE.2: Publicaciones no originales o fuera del ámbito de investigación propuesto.
- CE.3: Estudios publicados en idiomas distintos al inglés y español.

En el proceso de selección siguiendo el diagrama de flujo PRISMA (Fig. 1), inicialmente se aplicó un primer filtro eliminando aquellos artículos que, tras la lectura de título y resumen, no cumplían con los criterios de inclusión o bien se alineaban con los criterios de exclusión. En esta fase, se descartaron 8 artículos que no fueron accesibles por requerir suscripción o porque no estaban disponibles en la web. En la siguiente etapa, se aplicó el CE.1 , descartando 4 artículos que se limitaban a propuestas teóricas sin enfocarse en la productividad o la mejora continua, proponiendo las

metodologías Lean Manufacturing (LM) y Six Sigma (SS) con un objetivo distinto al del estudio, como es el incremento de la sostenibilidad de procesos, lo cual desviaba el enfoque central de nuestra investigación centrado en la mejora de la productividad y calidad. Además, se excluyeron artículos que, aunque mencionaban LM y SS, no presentaban casos reales de aplicación sino solo simulaciones teóricas, desviándose así del objetivo de la investigación. Siguiendo con el CE.2 se eliminaron 5 artículos por no ser trabajos originales o por presentar una ausencia significativa de información relevante, incluyendo estudios que, aunque relacionados con LM y SS, se enfocaban en cómo estas metodologías podrían satisfacer necesidades de los clientes, enfoque no alineado con la optimización de procesos que buscamos. Finalmente, bajo el CE.3, se descartaron 2 estudios por estar escritos en idiomas distintos al inglés y al español. Este meticuloso proceso de filtración asegura que los estudios incluidos sean pertinentes y contribuyan directamente a los objetivos de nuestra investigación.

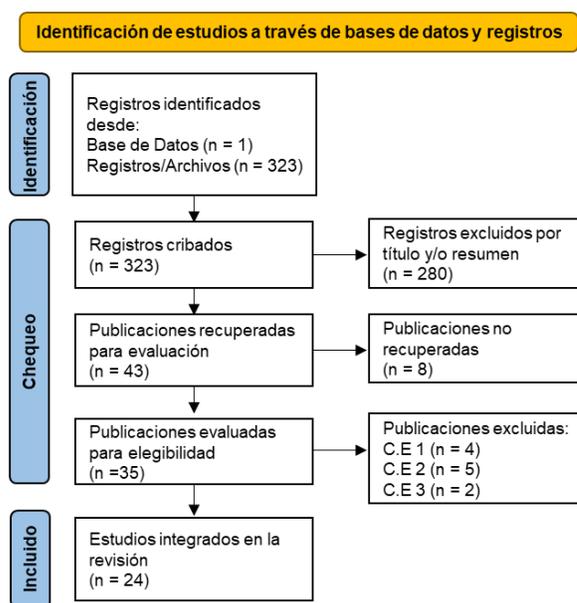


Fig 1. Flujograma PRISMA de la filtración y selección de estudios

La restricción a artículos disponibles sin suscripción o en la web pudo haber excluido investigaciones relevantes, afectando la exhaustividad de la revisión. Además, al limitar los estudios a aquellos publicados en inglés y español, se omitieron investigaciones en otros idiomas, lo que pudo restringir la generalización de los resultados a nivel global. La exclusión de estudios teóricos o simulaciones también pudo haber dejado de lado contribuciones valiosas para el desarrollo futuro de las metodologías LM y SS. Por último, la evaluación de la calidad y originalidad de los estudios incluidos introdujo un posible sesgo de selección, afectando potencialmente la interpretación y generalización de los hallazgos. Estas limitaciones deben

considerarse al aplicar los resultados de este estudio en contextos específicos de las PYMES.

### III. RESULTADOS

Como parte de las limitaciones que se tuvieron de este estudio fue el acceso a un par de papers; relacionados a nuestro tema de investigación y que cumplían con los criterios de inclusión; que condicionaban a ciertos pagos, motivo por el cual fueron excluidos por las restricciones económicas de este trabajo. Posiblemente, estos papers pudieron ser importantes para la investigación por lo que puede llevar a un sesgo en los resultados obtenidos.

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 16% (4 publicaciones) en 2018, 28% (7 publicaciones) en 2019, con una disminución al 4% (1 publicación) en 2020 posiblemente reflejando el impacto de la pandemia de COVID-19 en las actividades de investigación y publicación. La actividad se recupera en 2021 con 24% (6 publicaciones) y 8% (2 publicaciones) en 2023. Esta trayectoria refleja un creciente interés en las metodologías de LM y SS aplicadas a las PYMES, con una notable influencia de factores externos como la pandemia en la producción científica. La recuperación observada post-2020 sugiere una adaptación y continuación del interés investigativo en estas áreas, subrayando la relevancia sostenida de estas metodologías para la mejora de procesos en el contexto de las PYMES.

Tabla I  
DATOS BIBLIOMÉTRICOS DE LOS ESTUDIOS SELECCIONADOS

Ref.	Título	Año	Revista	Citas
[7]	Benefits of adopting lean production on green performance of SMEs: a case study	2018	Production Planning and Control	57
[8]	An integrated lean and green approach for improving sustainability performance: a case study of a packaging manufacturing SME in the U.K.	2019	Production Planning and Control	89
[9]	Six Sigma in SMEs, lowering costs with quality	2018	Espacios	2
[10]	Overall Equipment Efficiency Improvement through a Lean Approach in SME: A Case Study	2023	International Journal of Engineering Research in Africa	0
[11]	Implementation of lean manufacturing techniques in the bakery industry in Medellín	2019	Gestao e Producao	10
[12]	Cost reduction and quality improvement through Lean-Kaizen concept using	2019	International Journal of	16

	value stream map in Indian manufacturing firms		System Assurance Engineering and Management	
[13]	Towards a new model of industrial performance improvement for SMEs: A case study of TPM implementation in an industrial SME	2019	International Journal of Process Management and Benchmarking	4
[14]	Framework For Total Productive Maintenance For An Sme	2021	Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications	2
[15]	A Lean Manufacturing Progress Model and Implementation for SMEs in the Metal Products Industry	2022	Processes	6
[16]	Lean-Kaizen implementation: A roadmap for identifying continuous improvement opportunities in Indian small and medium sized enterprise	2018	Journal of Engineering, Design and Technology	52
[17]	Process improvement through Lean-Kaizen using value stream map: a case study in India	2018	International Journal of Advanced Manufacturing Technology	74
[18]	Productivity improvement through lean manufacturing	2019	International Journal of Engineering and Advanced Technology	4
[19]	Selecting the best tools and framework to evaluate equipment malfunctions and improve the OEE in the cork industry	2021	International Journal of Industrial Engineering and Management	6
[20]	Implementation of a Pull System-A Case Study of a Polymeric Production System for the Automotive Industry	2021	Management Systems in Production Engineering	1
[21]	The impact of lean production on operational performance: a case study	2022	Asia-Pacific Journal of Business Administration	2
[22]	Application of lean manufacturing concept for redesigning facilities layout in Indonesian home-food industry: A case study	2019	TQM Journal	17
[23]	Initiatives of six-sigma in an automotive ancillary unit: A case study	2018	Management Science Letters	4
[24]	A Case Study on Reducing Setup Time Using SMED on a Turning Line	2022	Gazi University Journal of Science	5
[25]	Lean manufacturing practices for enhancing firm performance in medium enterprises: a case study from Indian context	2022	International Journal of Productivity and Quality Management	4
[26]	Six Sigma for workplace safety improvement: improving hazards and unsafe conditions in a metallic packaging manufacturing company	2022	International Journal of Occupational Safety and Ergonomics	2
[27]	TQM for Greek SMEs: an alternative in facing crisis conditions	2020	Competitiveness Review	9
[28]	Optimization of the Production Management of an Upholstery Manufacturing Process Using Lean Tools: A Case Study	2023	Applied Sciences (Switzerland)	0

[29]	Enhancing the capability of a PVC pipe extrusion process through the Six Sigma's strategic approach	2021	International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage	3
[30]	Effectiveness improvement in manufacturing industry; trilogy study and open innovation dynamics	2021	Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity	13

Las publicaciones seleccionadas para el análisis provienen de una variedad de revistas académicas, con "*Production Planning and Control*" destacando como la fuente más citada entre los estudios analizados, seguida por revistas como "*International Journal of Engineering Research in Africa*", "*Gestao e Producao*", y "*International Journal of System Assurance Engineering and Management*". Este patrón sugiere que "*Production Planning and Control*" ocupa un lugar preeminente en la diseminación de investigaciones relevantes en el ámbito de la optimización de procesos y mejora continua, reflejando su prestigio y la confianza de la comunidad académica en esta fuente para publicar trabajos de alta calidad. La presencia de múltiples revistas especializadas en el análisis indica la importancia interdisciplinaria de las temáticas de LM y SS, mostrando que atraen a investigadores de diversas áreas interesados en la eficiencia operativa y la mejora de la calidad en las PYMES. Este fenómeno subraya el interés global y la relevancia de estas metodologías para promover la competitividad y el desempeño en el mercado de las pequeñas y medianas empresas, evidenciando la vitalidad de la investigación en este campo y su potencial para influir en la práctica empresarial.

En cuanto al impacto académico, los trabajos de Choudhary et al. [8], Kumar et al. [17], Belhadi et al. [7] y Kumar et al. [16] destacan por su alta citación. Estos abordan la implementación de prácticas de LM y SS en PYMES, destacando la mejora de la eficiencia operativa y la sostenibilidad ambiental. Subrayan la importancia de enfoques integrados que consideran lo operativo y lo ambiental, evidenciando la relevancia de estas metodologías para impulsar la competitividad y rendimiento de pequeñas y medianas empresas.

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. 2), ilustra la coocurrencia de palabras clave en los artículos seleccionados a lo largo del tiempo. Esta visualización destaca cómo conceptos centrales como "lean manufacturing", "six sigma" y "small and medium enterprise" han evolucionado en el discurso académico desde 2018 hasta 2023. La densidad y fortaleza de las conexiones entre términos como "value stream mapping" y "process improvement" reflejan su relevancia persistente en la literatura. La interconexión entre las palabras clave sugiere una integración creciente de las prácticas de LM y SS en la gestión de PYMES. El aumento en la coocurrencia de términos

relacionados con la eficiencia y sostenibilidad señala una tendencia hacia la mejora continua y la optimización de procesos enfocada en resultados tangibles.

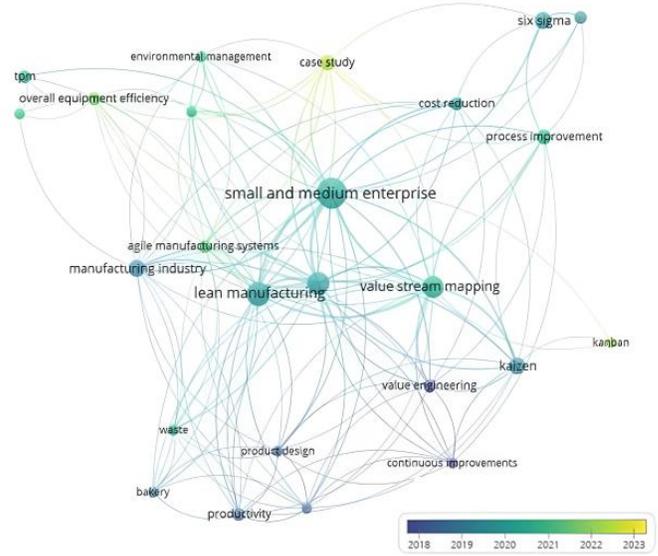


Fig. 2. Mapa de Red de Co-ocurrencia de Palabras Clave en Investigaciones de Efectividad de Lean Manufacturing y Six Sigma en la Optimización de Procesos en PYMES (2018-2023)

TABLA II  
AGRUPACIÓN DE PALABRAS CLAVE (CLÚSTERES) DE LOS ARTÍCULOS SELECCIONADOS

Clusters / Palabras claves	
(1) Lean Manufacturing Lean Production Waste Productivity Product design Agile Manufacturing systems Bakery Design/methodology/approach	(2) Manufacturing industry Small and medium enterprise Efficiency TPM Pareto's chart Overall equipment efficiency Environmental management
(3) Continuous improvements Kaizen Kanban Value Engineering Value Stream Mapping	(4) Case study Cost reduction DMAIC Process improvement Six Sigma

\*Resultados generados usando el software VOSviewer

La Tabla II organiza estas palabras clave en cuatro clústeres temáticos que reflejan las tendencias y enfoques predominantes en el campo de estudio. El primer clúster incluye términos asociados directamente con los principios y aplicaciones de LM, como "waste" y "product design", destacando el enfoque en la eficiencia de procesos y la innovación en diseño de producto. El segundo clúster vincula la "industria manufacturera" con la "eficiencia" y la "gestión medioambiental", sugiriendo una sinergia entre la operatividad efectiva y la sostenibilidad. El tercer clúster centra en la mejora

continua y herramientas de LM como "kanban" y "value stream mapping", enfatizando la importancia de las metodologías ágiles para el mejoramiento constante. Finalmente, el cuarto clúster conecta "estudios de caso" y "reducción de costos" con "six sigma" y "mejora de procesos", lo que refleja un enfoque pragmático hacia la aplicación de estas metodologías para obtener beneficios tangibles.

La interpretación de estos resultados indica que la integración de LM y SS en las PYMES se centra no solo en la eficiencia operativa y reducción de costos sino también en la mejora de la productividad y el rendimiento ambiental. Las tendencias de coocurrencia de palabras clave demuestran que la comunidad académica está explorando activamente cómo estas metodologías pueden contribuir a un desempeño sostenible y competitivo. La presencia de estudios de caso específicos dentro de los clústeres sugiere que la teoría está siendo complementada con prácticas aplicadas, proporcionando evidencia empírica del impacto positivo de LM y SS en el sector de las PYMES.

### B. Causas que producen la baja productividad y calidad en las PYMES

Las principales observaciones de la Tabla III indican que los 'tiempos muertos' y los 'productos defectuosos' son las causas más críticas que afectan la productividad y la calidad en las PYMES, constituyendo casi la mitad de los problemas identificados. Otros factores relevantes, aunque menos frecuentes, incluyen la gestión de inventarios, la programación de la producción y la distribución de la planta.

Estas observaciones sugieren que las PYMES enfrentan desafíos significativos en la optimización de sus procesos de producción. Los 'tiempos muertos' destacan ineficiencias operativas que pueden ser resultado de múltiples factores, desde la calificación de la mano de obra hasta la planificación de la producción. Estos pueden ser vistos como síntomas de sistemas subyacentes que requieren modernización o mejoras en la gestión. La prevalencia de 'productos defectuosos' resalta problemas en la calidad de diseño y ejecución, lo que sugiere que las prácticas de control de calidad podrían no estar completamente integradas o ser efectivas.

Tabla III  
CAUSAS QUE OCASIONAN LA BAJA PRODUCTIVIDAD Y DEFICIENCIAS EN LA CALIDAD EN LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN EN LAS PYMES

Causas	Frecuencia	%	Artículos
Tiempos muertos (transporte, mano de obra no calificada, falta de mantenimiento (falla en equipos), traslado, movimientos repetitivos de desplazamiento, reprocesos, falta de planificación(paradas))	8	28%	[1], [4], [8], [11], [12], [14], [16], [20],
Productos defectuosos (mal diseño no cumplía con los parámetros, desgaste de materiales, incompetencia del operador, mal acabado)	6	21%	[3], [7], [8], [9], [13], [22]

Alto nivel de existencias	3	10%	[3],[11],[14],
Programación de producción inestable (Modelo de producción rígido, ausencia de estrategias de producción y calidad, falta de control de producción (productos no codificados))	2	7%	[2],[3],
Inadecuada distribución de planta (distancia considerable entre estaciones de trabajo)	2	7%	[4], [23]
Desorden y falta de limpieza en las áreas de producción	2	7%	[5], [21],
Caos en la entrega de proveedores	1	3%	[2],
Baja eficiencia en soldadura y embalaje	1	3%	[2]
Dificultad en los cambios (para moldes en producción y piezas en máquinas)	1	3%	[11]
Bajo nivel de stock (inventario, ausencia de la materia prima o materiales)	1	3%	[4],
Emisiones de carbono en transporte, producción (máquinas)	1	3%	[3]
Uso de recursos en exceso (mayores costos de producción)	1	3%	[9]
	29	100%	

### C. Metodologías/herramientas del LM y SS aplicadas como solución

La Figura 3 muestra un gráfico de barras que ilustra la frecuencia con la que se aplicaron diversas metodologías y herramientas de LM y SS como soluciones en los estudios seleccionados. En la parte superior del gráfico, el Single-Minute Exchange of Die (SMED) es la herramienta más utilizada, indicada por la barra más larga, lo que sugiere que las técnicas de cambio rápido de herramientas son altamente valoradas en las PYMES para mejorar la productividad y reducir los tiempos de inactividad. Esto es coherente con la necesidad de reducir los tiempos muertos, uno de los principales problemas identificados en la Tabla III.

5S, que se refiere a la metodología de organización del lugar de trabajo (Sort, Set in order, Shine, Standardize, Sustain), también es prominentemente representada. Esto indica que las prácticas de organización y limpieza son consideradas fundamentales para mejorar la eficiencia y la calidad en las PYMES, abordando directamente problemas como el desorden y la falta de limpieza, que pueden afectar tanto la productividad como la calidad.

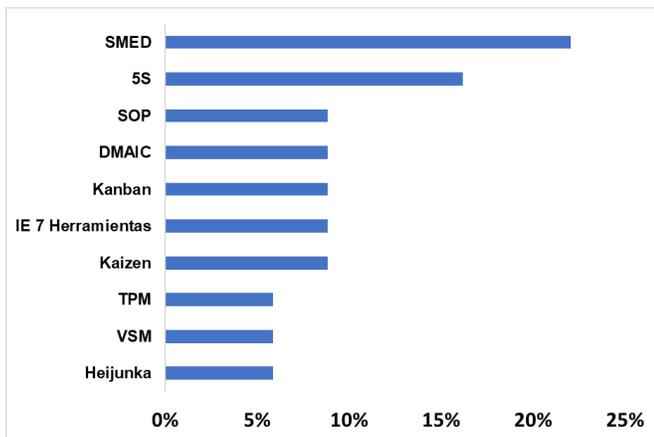


Fig. 3. Metodologías y herramientas del LM y SS aplicadas en la solución de los estudios seleccionados

La Programación de Operaciones Estándar (SOP), Kanban, y DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) siguen en términos de frecuencia, reflejando su importancia en la estandarización de procesos, la gestión de inventarios y la mejora continua, respectivamente. Estas herramientas son críticas para abordar problemas como la programación de producción inestable y altos niveles de existencias, facilitando un flujo de trabajo más predecible y eficiente.

Las "IE 7 Herramientas", se refiere a las siete herramientas básicas de la calidad utilizadas en el control de calidad, lo cual es relevante para abordar la emisión de productos defectuosos. Kaizen (mejora continua), TPM (Mantenimiento Productivo Total), VSM (Value Stream Mapping), y Heijunka (nivelación de la producción) son menos utilizadas en comparación con las anteriores, pero aún representativas, sugiriendo que hay una adopción significativa de enfoques de mejora continua, mantenimiento proactivo, análisis de flujo de valor y nivelación de la carga de trabajo en las PYMES.

#### D. Metodologías/herramientas del LM y SS aplicadas como solución

La implementación de las metodologías LM y SS ha generado resultados significativos en la mejora de la productividad y la calidad en diversos entornos industriales.

Analizando la Tabla IV, se muestra una agrupación de aquellos papers que se encontraban relacionados y que lograban un impacto satisfactorio en la industria.

Se observa que la mayor incidencia se encuentra en la eliminación de tiempos muertos, con una frecuencia reportada en 8 artículos y representando el 23% del total de impactos registrados. Esto implica una notable reducción de tiempos de 1418 minutos a 930 minutos de la preparación de las máquinas para iniciar el proceso productivo, así como una disminución en los tiempos de cambio de 749 a 466 minutos, donde se proponía un tiempo por debajo de las 10 minutos para realizar ajustes a las máquinas con el objetivo de volver a iniciar la producción del siguiente lote sin anomalías, lo cual señala un claro beneficio de la aplicación de LM en la eficiencia operativa [1],

[4], [8], [11], [12], [14], [16], [20]. Además, se evidencia que la siguiente incidencia de LM es la disminución de defectos representado por un 14%, y en los resultados se evidencia que de 598 a 254 defectos por mes, otros se redujeron de 59.9% a 1.06% los defectos, indicando que son resultados si fueron significativos [2], [3], [5], [7], [9].

TABLA IV  
IMPACTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS LEAN MANUFACTURING Y SIX SIGMA

Impacto de la implementación	Frecuencia	%	Artículos
Eliminación de tiempo muertos (reducción de tiempos de preparación de la máquina de 1418 min a 930 min, reducción de tiempos de cambio de 749 a 466 min)	8	23%	[1], [4], [8], [11], [12], [14], [16], [20],
Disminución de defectos (de 598 a 254 defectos, reducción de tasa de defectos de 4.33% a 3.61%, otros de 59.9% a 1.06%, disminuyó el porcentaje de ruedas fallidas de 8.63 a 0.18%)	5	14%	[2], [3], [5], [7], [9]
Reducción de costos de producción y calidad	3	9%	[9],[13], [21]
Reducción de residuos	3	9%	[5], [16], [21]
Optimización en la toma de pedidos	2	6%	[2],[3]
Eficiencia en procesos y actividades (de 20,480 a 27,207 unid)	2	6%	[2], [3]
Layout óptimo	2	6%	[4], [23]
Reducción de inventarios (de 3362 a 1500, otros en de 40% a 20%)	2	6%	[3],[14]
Reducción del impacto ambiental (procesos de producción y almacén, reducción en consumo de agua de 0.6 a 0.33 m3, energía de 745 a 409 whats, materias primas de 65.17 a 46.38 kg/prod)	2	6%	[3], [5],
Producción sincronizada (menores tiempos de producción, aumento de la capacidad de producción de 0.02 a 0.85)	1	3%	[2]
Aumento de rentabilidad	1	3%	[4]
Aumento de la satisfacción del cliente	1	3%	[3]
Mejor coordinación de trabajo y actividades entre colaboradores	1	3%	[9]
Mejora del sistema de suministro de materiales	1	3%	[2]
Rendimiento óptimo de equipos	1	3%	[8]

En el ámbito de la calidad, SS destaca en la disminución de defectos, con una reducción de defectos reportados de 598 a 254, y una disminución en la tasa de defectos de 4.33% a 3.61%. Esto refleja no solo una mejora en la calidad de los productos

sino también una optimización en los procesos de control y corrección [2], [3], [5], [7], [9].

Ambas metodologías han demostrado ser eficaces en la reducción de residuos, con tres menciones y un 9% de la frecuencia total, evidenciando su capacidad para promover prácticas de producción más sostenibles y reducir el desperdicio.

Otros impactos destacables incluyen la optimización en la toma de pedidos y la eficiencia en procesos y actividades, y la reducción de inventarios, reflejando una gestión más eficiente de los recursos y un layout óptimo que mejora la fluidez de las operaciones.

La implementación de estas metodologías también ha tenido un efecto positivo en la reducción del impacto ambiental, mostrando una disminución en el consumo de agua [3], energía y materias primas [5], lo cual es crucial para la sostenibilidad de la industria.

Estos resultados destacan la importancia de la implementación de LM y SS no solo para mejorar la productividad y eficiencia operativa, sino también para incrementar la calidad, reducir costos y residuos, y minimizar el impacto ambiental, contribuyendo así a un sistema de producción más sostenible y rentable.

#### IV. DISCUSIÓN

En la presente RSL se analizó la implementación de las metodologías LM y SS donde se identificaron los problemas que causaban la baja productividad y deficiencias en la calidad. A través de este análisis, se buscó no solo identificar las causas raíz de estos problemas sino también demostrar cómo la aplicación combinada de estas metodologías puede ofrecer soluciones efectivas y tangibles.

La utilidad de esta RSL es dar conocer el aporte significativo de las metodologías LM y SS en las industrias PYMES. Por ejemplo, LM y las herramientas que las conforman son ideales para ser implementadas en empresas de diferentes tamaños teniendo como principales mejoras la productividad, a través de la disminución de actividades que no aportan valor a la industria. Mientras que el SS es considerada como una metodología que principalmente enfoca en la mejora calidad y su aplicación esencialmente tiene mejores resultados en industrias de gran tamaño que se centran en la producción de grandes unidades.

La identificación de tiempos muertos, reprocesos, esperas innecesarias, desplazamientos, mantenimientos correctivos frecuentes, la falta de calificación de la mano de obra, y un layout inadecuado subraya la complejidad de los desafíos que enfrentan las PYMES. En particular, los tiempos muertos emergieron como el problema más crítico, destacando la necesidad de estrategias dirigidas a optimizar los tiempos de producción y minimizar las ineficiencias.

La adopción de SMED dentro del marco de Lean Manufacturing se destacó como una intervención estratégica para reducir significativamente los tiempos muertos. Al convertir actividades internas en externas, las PYMES pueden

realizar ajustes de maquinaria y preparaciones de manera más eficiente, sin interrumpir el flujo continuo de producción. Esta herramienta, junto con otras prácticas de Lean como VSM, 5S y KANBAN, contribuye a un sistema de producción más ágil y flexible, capaz de responder rápidamente a las demandas del mercado sin sacrificar la calidad.

Por otro lado, la metodología Six Sigma, a través de su enfoque DMAIC, proporciona un marco riguroso para la identificación, análisis y solución de problemas de calidad. Al aplicar DMAIC, las PYMES pueden detallar y entender profundamente las causas de las deficiencias en la calidad, permitiendo la implementación de soluciones basadas en datos que resultan en mejoras significativas y sostenibles.

En comparación a estudios previos [5], [6], esta revisión encontró un registro de tiempos ya analizado por las PYMES por lo que la implementación se centró en plantear las acciones de mejora para así reducir los tiempos muertos y la mejora de la calidad. Esta diferencia puede explicarse debido a que las PYMES tradicionales aún se resisten al cambio y a la implementación de las metodologías LM y SS.

Se ha observado que en la revisión de Singh et al. [5] que estas metodologías han sido implementadas de forma individual para atacar problemas puntuales relacionadas a la calidad; sin embargo, en nuestro estudio se observa que ha aumentado el número de investigaciones que han aplicado estas dos metodologías al mismo tiempo en las PYMES cogiendo herramientas como VSM, SMED, 5S, KANBAN que pertenecen a Lean Manufacturing y combinándolas con herramientas como Kaisen, DMAIC que pertenecen a Six Sigma. Esto es importante, porque se evidencia que ya se están creando modelos que ataquen a los problemas de calidad y producción al mismo tiempo y no de forma individual. Asimismo, las herramientas conocidas como VSM, KANBAN de Lean y DMAIC de Six Sigma han demostrado su gran eficiencia en las PYMES con resultados positivos de aumento de productividad y disminución de productos defectuosos. Por ende, no cuentan con registros que permitan identificar y evaluar la optimización de sus procesos. Por tanto aún existe una brecha en términos de la implementación efectiva y los resultados esperados, especialmente en lo que respecta a los niveles de SS alcanzados. Esto sugiere que, aunque las metodologías proporcionan el marco y las herramientas necesarias para la mejora, la adopción y adaptación efectiva de estas prácticas requieren un compromiso continuo y una evaluación constante por parte de las PYMES.

Entre las limitaciones del estudio se halló que pese a la implementación respecto al SS los valores obtenidos que garantizaban la correcta implementación eran inferiores al valor esperado, aun así se observará los cambios en la mejora de la calidad. Se sugiere que para futuras investigaciones se realice un mejor estudio de la implementación referente del nivel SS con el propósito de encontrar resultados compatibles tanto en el impacto y el análisis de nivel SS.

#### V. CONCLUSIÓN

El análisis de la implementación conjunta de Lean Manufacturing (LM) y Six Sigma (SS) en las PYMES revela una estrategia efectiva para enfrentar los retos de productividad y calidad. La identificación y mitigación de problemas como tiempos muertos y deficiencias en la calidad, mediante herramientas como SMED, VSM, 5S, KANBAN (LM) y DMAIC (SS), subrayan la importancia de un enfoque integrado para la mejora continua. Aunque se observa un avance en la adopción de estas metodologías, aún existen brechas significativas en la implementación efectiva y los resultados obtenidos, especialmente en niveles de SS. Este estudio concluye que la combinación de LM y SS potencia la capacidad de las PYMES para optimizar sus procesos y mejorar la calidad, pero requiere de una implementación y seguimiento rigurosos para alcanzar los resultados deseados. Se sugiere enfocar investigaciones futuras en cerrar las brechas identificadas, especialmente en la evaluación del impacto y la efectividad de SS.

#### 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.

#### REFERENCES

- [1] "Instituto Nacional de Estadística e Informática." Accessed: Feb. 18, 2024. [Online]. Available: <https://m.inei.gov.pe/biblioteca-virtual/boletines/demografia-empresarial-82377/1/#lista>
- [2] "Mypes representan 21% del PBI y 99% del empleo formal." Accessed: Feb. 18, 2024. [Online]. Available: <https://www.elperuano.pe/noticia/211984-mypes-representan-21-del-pbi-y-99-del-empleo-formal>
- [3] S. Vinodh, "Lean manufacturing: fundamentals, tools, approaches, and industry 4.0 integration," *Lean Manufacturing: Fundamentals, Tools, Approaches, and Industry 4.0 Integration*, pp. 1–132, Jul. 2022, doi: 10.1201/9781003190332/LEAN-MANUFACTURING-VINODH.
- [4] T. Vanzant Stern, PhD, "Lean Six Sigma: International Standards and Global Guidelines," *Lean Six Sigma*, Dec. 2023, doi: 10.4324/9781003397649.
- [5] S. Saini and D. Singh, "Lean practices for consummating competitive priorities in SMEs: a critical review," *International Journal of Business Continuity and Risk Management*, vol. 8, no. 2, pp. 106–123, Jan. 2018, doi: 10.1504/IJBCRM.2018.092916.
- [6] B. B. Pradhan, "Six sigma: Literature review analysis," *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, vol. 23, no. 6, pp. 696–701, Jan. 2019, doi: 10.37200/IJPR/V23I6/PR190830.
- [7] A. Belhadi, F. E. Touriki, and S. El Fezazi, "Benefits of adopting lean production on green performance of SMEs: a case study," *Production Planning & Control*, vol. 29, no. 11, pp. 873–894, Aug. 2018, doi: 10.1080/09537287.2018.1490971.
- [8] S. Choudhary, R. Nayak, M. Dora, N. Mishra, and A. Ghadge, "An integrated lean and green approach for improving sustainability performance: a case study of a packaging manufacturing SME in the U.K.," *Production Planning & Control*, vol. 30, no. 5–6, pp. 353–368, Apr. 2019, doi: 10.1080/09537287.2018.1501811.
- [9] B. Raúl and C. Salazar, "Seis sigma en las Pymes, bajando costos con calidad Six Sigma en SMEs, lowering costs with quality Contenido," vol. 39, p. 44.
- [10] A. Dahab, M. A. Younes, and S. Backar, "Overall Equipment Efficiency Improvement through a Lean Approach in SME: A Case Study," *International Journal of Engineering Research in Africa*, vol. 65, pp. 117–129, 2023, doi: 10.4028/P-1ZHMXC.
- [11] M. Del Rocio Quesada Castro and J. G. A. Posada, "Implementation of lean manufacturing techniques in the bakery industry in Medellín," *Gestão & Produção*, vol. 26, no. 2, p. e2505, May 2019, doi: 10.1590/0104-530X-2505-19.
- [12] A. K. Dhingra, S. Kumar, and B. Singh, "Cost reduction and quality improvement through Lean-Kaizen concept using value stream map in Indian manufacturing firms," *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, vol. 10, no. 4, pp. 792–800, Aug. 2019, doi: 10.1007/S13198-019-00810-Z/FIGURES/7.
- [13] B. Elwardi, A. Meddaoui, A. En-Nhaili, and A. Mouchtachi, "Towards a new model of industrial performance improvement for SMEs: A case study of TPM implementation in an industrial SME," *International Journal of Process Management and Benchmarking*, vol. 9, no. 4, pp. 547–561, 2019, doi: 10.1504/IJPMB.2019.103432.
- [14] N. Gwangwava, G. A. Baile, P. Dikgale, and K. Kefhilwe, "Framework for total productive maintenance for an SME," *ITEGAM-JETIA*, vol. 7, no. 29, pp. 52–61, Jun. 2021, doi: 10.5935/JETIA.V7I29.740.
- [15] C. Y. Huang, D. Lee, S. C. Chen, and W. Tang, "A Lean Manufacturing Progress Model and Implementation for SMEs in the Metal Products Industry," *Processes* 2022, Vol. 10, Page 835, vol. 10, no. 5, p. 835, Apr. 2022, doi: 10.3390/PR10050835.
- [16] S. Kumar, A. Dhingra, and B. Singh, "Lean-Kaizen implementation: A roadmap for identifying continuous improvement opportunities in Indian small and medium sized enterprise," *Journal of Engineering, Design and Technology*, vol. 16, no. 1, pp. 143–160, 2018, doi: 10.1108/JEDT-08-2017-0083/FULL/XML.
- [17] S. Kumar, A. K. Dhingra, and B. Singh, "Process improvement through Lean-Kaizen using value stream map: a case study in India," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 96, no. 5–8, pp. 2687–2698, May 2018, doi: 10.1007/S00170-018-1684-8/METRICS.
- [18] L. Mulugeta, "Productivity improvement through lean manufacturing tools in Ethiopian garment manufacturing company," *Mater Today Proc*, vol. 37, no. Part 2, pp. 1432–1436, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.MATPR.2020.06.599.
- [19] P. Marinho, D. Pimentel, R. Casais, F. J. G. Silva, J. C. Sá, and L. P. Ferreira, "Selecting the Best Tools and Framework To Evaluate Equipment Malfunctions and Improve the OEE in the Cork Industry," *International Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 12, no. 4, pp. 286–298, Dec. 2021, doi: 10.24867/IJIE-2021-4-295.
- [20] B. Martins *et al.*, "Implementation of a Pull System-A Case Study of a Polymeric Production System for the Automotive Industry," *Management Systems in Production Engineering*, vol. 29, no. 4, pp. 253–259, Dec. 2021, doi: 10.2478/MSPE-2021-0031.
- [21] A. Memari, H. R. Panjehfouladgaran, A. R. Abdul Rahim, and R. Ahmad, "The impact of lean production on operational performance: a case study," *Asia-Pacific Journal of Business Administration*, vol. ahead-of-print, no. ahead-of-print, 2022, doi: 10.1108/APJBA-04-2022-0190/FULL/PDF.
- [22] N. T. Putri and L. S. Dona, "Application of lean manufacturing concept for redesigning facilities layout in Indonesian home-food industry: A case study," *TQM Journal*, vol. 31, no. 5, pp. 815–830, Sep. 2019, doi: 10.1108/TQM-02-2019-0033/FULL/PDF.
- [23] P. Rana and P. Kaushik, "Initiatives of six-sigma in an automotive ancillary unit: A case study," *Management Science Letters*, vol. 8, pp. 569–580, 2018, doi: 10.5267/j.msl.2018.4.033.
- [24] R. Sahin and A. Kologlu, "A Case Study on Reducing Setup Time Using SMED on a Turning Line", doi: 10.35378/gujs.735969.
- [25] S. Saini and D. Singh, "Lean manufacturing practices for enhancing firm performance in medium enterprises: a case study from Indian context," *International Journal of Productivity and Quality Management*, vol. 35, no. 3, pp. 352–382, 2022, doi: 10.1504/IJPMQ.2022.122298.
- [26] M. V. Sánchez-Rebull, A. Niñerola, R. Ferrer-Rullan, and A. B. Hernández-Lara, "Six Sigma for workplace safety improvement: improving hazards and unsafe conditions in a metallic packaging

- manufacturing company,” *Int J Occup Saf Ergon*, vol. 28, no. 2, pp. 766–778, 2022, doi: 10.1080/10803548.2020.1829318.
- [27] G. Sainis, G. Haritos, T. Kriemadis, and I. Papasolomou, “TQM for Greek SMEs: an alternative in facing crisis conditions,” *Competitiveness Review*, vol. 30, no. 1, pp. 41–58, Jan. 2020, doi: 10.1108/CR-11-2019-0126/FULL/XML.
- [28] E. ; Santos, T. M. ; Lima, P. D. Gaspar, 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 2023, Vol. 13, Page 9974*, vol. 13, no. 17, p. 9974, Sep. 2023, doi: 10.3390/APP13179974.
- [29] B. J. Singh and S. Mahendru, “Enhancing the capability of a PVC pipe extrusion process through the Six Sigma’s strategic approach,” *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, vol. 13, no. 1–3, pp. 311–342, 2021, doi: 10.1504/IJSSCA.2021.120220.
- [30] A. Tayal, N. S. Kalsi, M. K. Gupta, D. Y. Pimenov, M. Sarikaya, and C. I. Pruncu, “Effectiveness Improvement in Manufacturing Industry; Trilogy Study and Open Innovation Dynamics,” *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity 2021, Vol. 7, Page 7*, vol. 7, no. 1, p. 7, Dec. 2020, doi: 10.3390/JOITMC7010007.