

Synergy between Lean Manufacturing and Six Sigma methodologies as a continuous improvement strategy in the textile sector: Systematic Review

Dayanna Nuñez, Estudiante¹, Luz Berrocal, Estudiante², Nohemy Canahua, Mg³

^{1,2,3} Universidad Tecnológica del Perú, Perú, ¹u21231349@utp.edu.pe, ²u21231954@utp.edu.pe, ³c26052@utp.edu.pe

Abstract— In recent years, the textile sector has increasingly focused on adopting strategies centered around continuous improvement. Among the most relevant approaches are Lean Manufacturing and Six Sigma, which aim to enhance internal processes, eliminate unnecessary activities, and improve the overall quality of finished products. Despite their advantages, applying these methodologies involves certain difficulties, especially for small and medium enterprises, where limited technical capacity and resistance to change are common barriers to success. To explore this topic, a systematic review was carried out, guided by clearly defined inclusion and exclusion criteria. A total of sixty-two open-access scientific articles were examined, selected from widely recognized academic databases such as Scopus, Web of Science, ScienceDirect, and EBSCOhost. The analysis incorporated both qualitative and quantitative perspectives in order to understand the effects of implementing these methods in the textile industry. Results showed that combining Lean principles with the Six Sigma methodology helped reduce production defects by forty-four percent, increase productivity by twenty-seven percent, and enhance both delivery reliability and operational efficiency. These improvements were also associated with lower production costs. Furthermore, frequent challenges in the industry, such as inconsistent processes and poor inventory control, were addressed effectively, contributing to greater competitiveness and long-term sustainability. In summary, when organizations commit to overcoming cultural resistance and invest in proper training, the integration of Lean Manufacturing and Six Sigma becomes a valuable strategy for strengthening quality, increasing productivity, and supporting sustainable growth in the textile industry. This approach also enables better responsiveness to the evolving needs of global markets.

Keywords—Lean manufacturing, six sigma, continuous improvement, productivity, quality control.

Sinergia entre las metodologías Lean Manufacturing y Six Sigma como estrategia de mejora continua en el sector textil: Revisión sistemática

Dayanna Nuñez, Estudiante¹, Luz Berrocal, Estudiante², Nohemy Canahua, Mg³

^{1,2,3} Universidad Tecnológica del Perú, Perú, ¹u21231349@utp.edu.pe, ²u21231954@utp.edu.pe, ³c26052@utp.edu.pe

Resumen– En los últimos tiempos, el sector textil ha mostrado un creciente interés por adoptar estrategias de mejora continua. Entre ellas, destacan Lean Manufacturing y Six Sigma, metodologías orientadas a perfeccionar procesos, eliminar actividades que no generan valor y garantizar una mayor calidad del producto final. Sin embargo, su implementación presenta desafíos, especialmente en pequeñas y medianas empresas (PYMES), debido a limitaciones técnicas y resistencia al cambio, lo que puede dificultar su efectividad. Ante esta situación, se realizó una revisión sistemática guiada por criterios de selección previamente definidos. Como resultado, se analizaron 62 artículos científicos de acceso abierto, obtenidos de bases como Scopus, Web of Science, ScienceDirect y EBSCOhost. El estudio integró enfoques cualitativos y cuantitativos para evaluar el impacto de ambas metodologías en la industria textil. Los hallazgos evidenciaron que la aplicación combinada de Lean y Six Sigma permitió reducir defectos en un 44 %, incrementar la productividad en un 27 % y mejorar la puntualidad en las entregas, así como la eficiencia operativa. Estos logros también se tradujeron en una reducción de costos. Además, problemas frecuentes del sector, como la variabilidad de los procesos y la gestión deficiente de inventarios, fueron abordados de manera eficaz, lo que fortaleció la competitividad y sostenibilidad empresarial. En síntesis, si se superan las barreras culturales mediante programas de formación y compromiso organizacional, la integración de Lean Manufacturing y Six Sigma puede impulsar significativamente la calidad, productividad y sostenibilidad en el sector textil, permitiendo una mejor adaptación frente a las exigencias del entorno actual.

Palabras clave– Lean Manufacturing, Six Sigma, mejora continua, productividad, control de calidad.

I. INTRODUCCIÓN

La industria textil es un componente clave del sector manufacturero global, ya que ayuda notablemente al desarrollo económico, la oferta de empleo y el comercio exterior de varios países [1]. Sin embargo, enfrenta retos importantes como resultado del incremento de la competencia internacional, la exigencia de cumplir con estándares de calidad más estrictos, la necesidad de disminuir tiempos de entrega y costos operativos [2]. En este contexto, la mejora continua se vuelve una prioridad estratégica para las empresas textiles, sobre todo para aquellas que desean mantener su sostenibilidad y competitividad. Dos de las metodologías más utilizadas para enfrentar estos desafíos son Lean Manufacturing (LM) y Six Sigma (SS). Las actividades que no aportan valor son eliminadas con Lean, mientras que Six Sigma se preocupa de reducir la variación en

los procesos [3]. La unión de ambas, establecida como Lean Six Sigma (LSS) presenta una solución general que permite reducir desperdicios, optimizar procesos, potenciar la eficiencia en las operaciones y elevar los estándares de calidad [4]. Las técnicas de mejora continua, incluyendo el mapeo del flujo de valor (VSM), SMED, 5S, Kanban y la metodología DMAIC, han producido ganancias notables en calidad, productividad y tiempos de entrega en la industria textil, entre otras industrias [5], [6].

La problemática que enfrentan muchas empresas textiles a nivel global se ve afectada por una alta volatilidad, principalmente debido a la presión de mercados asiáticos más competitivos, la presión por disminuir los márgenes y la urgencia de integrar tecnologías innovadoras [7]. Estudios realizados en países como Marruecos, India y Etiopía evidencian que las empresas que combinan Lean Manufacturing y Six Sigma logran mejoras significativas en rentabilidad, eficiencia y calidad [8], [9]. Por otra parte, a nivel nacional, la situación es similar, muchas empresas peruanas textiles especialmente las pequeñas y medianas (PYMES) presentan una baja capacidad para responder a las exigencias del mercado, por las deficiencias en la organización de procesos, altos niveles de desperdicio, escasa estandarización y limitada adopción tecnológico [10], [11]. Estas deficiencias dificultan el uso eficaz de los enfoques de mejora continua, lo que genera altos gastos operativos, cuellos de botella y retrasos en las entregas. Estudios regionales realizados en Junín y otros departamentos andinos revelan una notable discrepancia entre los enfoques sugeridos y la capacidad real de implementación de las pymes del sector textil [12], [13]. Estas diferencias incluyen la falta de indicadores de desempeño, resistencia al cambio, y ausencia de personal capacitado.

Ante esta situación, varios estudios sobre mejora continua en el sector textil reflejan avances significativos, aunque todavía limitados. En la mayoría de los casos, las propuestas se enfocan en aplicar de manera aislada Lean Manufacturing o Six Sigma como estrategia principal de mejora [14], [15]. Aunque ambas han sido efectivas de forma individual, persiste una brecha de conocimientos respecto a su aplicación conjunta como estrategia sinérgica. Son pocos los trabajos que han explorado con profundidad la aplicación conjunta de las metodologías Lean Manufacturing y Six Sigma en la industria textil. Aquellos que sí lo hacen evidencian mejoras significativas en productividad, calidad, tiempo de entrega y sostenibilidad [5],[9]. Esta situación revela una oportunidad

desaprovechada, que consiste en utilizar el potencial combinado de ambas metodologías para enfrentar los complejos desafíos del entorno textil actual, especialmente en las PYMEs de Latinoamérica. Por ende, esta revisión sistemática surge como una iniciativa clave para mostrar la utilidad de implementar de forma integrada Lean Manufacturing y Six Sigma, identificar los elementos que determinan su éxito y analizar su aplicabilidad en el sector textil. A su vez, se busca contribuir a la fragmentación teórica y práctica que persiste en este campo de estudio [16]. El propósito de esta investigación es analizar y enfrentar los desafíos que afectan el desempeño operativo y la gestión de la calidad en el ámbito textil. Por tal motivo, nuestra propuesta se basa en identificar y analizar el resultado de aplicar conjuntamente Lean Manufacturing y Six Sigma. La revisión de estas herramientas no solo permitirá comprender los beneficios que aportan, sino también evaluar sus limitaciones y condiciones críticas de éxito. Por último, se busca identificar áreas clave para que las industrias puedan ajustar y modificar ambas metodologías para optimizar su efectividad, contribuyendo así al fortalecimiento de su competitividad y comercialización en el mercado.

El contenido del artículo está estructurado en distintas secciones de la siguiente manera. La segunda sección presenta el enfoque metodológico utilizado, según los lineamientos del protocolo PRISMA. También se detallan las estrategias de búsqueda realizadas en bases académicas como Scopus, Web of Science, ScienceDirect y EBSCOhost, junto con los criterios utilizados para seleccionar los estudios. La tercera sección presenta los Resultados de Ingeniería, que ofrecen una visión estructurada de los datos mediante tablas y gráficos, junto con los Resultados Bibliométricos, que destacan los hallazgos clave derivados del protocolo PRISMA. La cuarta sección analiza el impacto de Lean Manufacturing y Six Sigma en la mejora continua del sector textil, resaltando los beneficios más relevantes observados durante su implementación. Por último, la quinta sección presenta los hallazgos más relevantes, sus restricciones metodológicas y algunas sugerencias que pueden orientar investigaciones futuras.

II. METODOLOGÍA

Este estudio se fundamentó en una revisión organizada de la producción científica accesible, recurriendo a múltiples fuentes académicas, entre ellas documentos presentados en congresos especializados. Como guía metodológica, se adoptó el enfoque PRISMA (criterios sugeridos para reportes de revisiones sistemáticas y metaanálisis), el cual representó una herramienta clave para estructurar el proceso de revisión de forma rigurosa y actualizada.

A. Formulación de la pregunta PICO y sus elementos

A fin de elaborar la pregunta central del estudio y orientar la recolección de datos, se recurrió al enfoque PICOC (Población, Intervención, Comparación, Resultado y Contexto),

la cual permite organizar de manera sistemática los elementos clave del estudio. A partir de esta estructura, se definió una pregunta de investigación principal (QR) que aborda los aspectos más relevantes del trabajo, la cual fue desglosada en una serie de preguntas específicas, alineadas con los componentes del modelo PICOC. La Tabla I presenta esta estructura y las preguntas formuladas con base en dicho enfoque.

TABLA I
ESTRUCTURA PICO

Estructura PICO	Pregunta
	¿Cómo contribuye la implementación de las metodologías Lean Manufacturing y Six Sigma a la mejora continua de los procesos productivos, frente a los desafíos que enfrentan las empresas del sector textil?
P	¿Cuáles son los principales desafíos que enfrentan las empresas del sector textil en sus procesos productivos?
I	¿Cómo se implementan las metodologías Lean Manufacturing y Six Sigma en el sector textil?
C	No aplica por ser un estudio de revisión.
O	¿Qué evidencias de mejora continua se han identificado en los procesos productivos del sector textil luego de implementar Lean Manufacturing y Six Sigma?

B. Palabras clave

Para una búsqueda eficiente, se identificaron y asignaron palabras clave específicas a cada componente de la pregunta PICO. Estas palabras clave, detalladas en la Tabla II, facilitaron la localización precisa de los estudios relevantes en las bases de datos.

TABLA II
COMPONENTES PICO

P	Problema/ Población	Sector textil	Textile, Textile industry, Textile manufacturing, Production.
I	Intervención	Metodologías Lean Manufacturing y Six Sigma	Lean Manufacturing, Six Sigma, Production optimization.
C			
O	Resultado	Mejora continua de procesos productivos	Process management, Continuous improvement, Quality control, Waste reduction.

C. Ecuación de búsqueda y criterios

A partir de los componentes definidos mediante la metodología PICOC, se formularon ecuaciones de búsqueda específicas, orientadas a recuperar estudios relevantes y alineados con los objetivos de la revisión.

TABLA II
BASE DE DATOS

Buscadores	Ecuación de búsqueda
------------	----------------------

Scopus	((("Lean Manufacturing" OR "Six Sigma" OR "lean manufacturing" OR "production optimization") AND ("process management" OR "continuous improvement" OR "quality control" OR "waste reduction") AND ("textile" OR "production" OR "textile industry" OR "textile manufacturing"))))
Web of Science	((("Lean Manufacturing" OR "Six Sigma" OR "lean manufacturing" OR "production optimization") AND ("continuous improvement" OR "waste reduction") AND ("textile" OR "production" OR "textile industry" OR "textile manufacturing"))))
Science Direct	("Lean Manufacturing" AND "Six Sigma" AND ("continuous improvement" OR "process improvement") AND ("textile" OR "textile industry"))
EBSCOhost	((("Lean Manufacturing" OR "Six Sigma" OR "production optimization") AND ("continuous improvement" OR "waste reduction") AND ("textile" OR "production" OR "textile industry" OR "textile manufacturing"))))

Se establecieron y aplicaron criterios rigurosos de inclusión y exclusión con el fin de orientar la selección adecuada de la información recopilada, como se muestra en la Tabla IV. Estos criterios garantizan que los documentos elegidos estuvieran alineados con los objetivos del estudio, y permitieron descartar aquellos que no guardaban una relación directa con el tema de investigación.

TABLA IV
CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Inclusión	CI1: Las investigaciones seleccionadas deben tratar sobre la aplicación de metodologías Lean Manufacturing y/o Six Sigma. CI2: Los estudios deben enfocarse en procesos productivos dentro del sector textil. CI3: Es necesario que los estudios presenten hallazgos vinculados con la mejora continua, tales como la disminución de desperdicios, el incremento de la eficiencia o la mejora en la calidad. CI4: Solo se considerarán estudios publicados en el periodo comprendido entre los años 2018 y 2025.
Exclusión	CE1: Se excluirán los estudios que no estén vinculados al sector textil ni a la aplicación de Lean Manufacturing o Six Sigma. CE2: Investigaciones que no aporten datos o resultados significativos para evaluar mejoras en los procesos productivos del sector textil. CE3: Estudios que no cuenten con acceso al texto completo. CE4: Artículos redactados en idiomas distintos al español, inglés y portugués.

La selección de estudios para esta revisión sistemática se inició con la recopilación de 2,338 artículos provenientes de bases de datos como Scopus, Web of Science, ScienceDirect y EBSCOhost. En la fase de identificación, se eliminaron 303 registros duplicados y aquellos que no correspondían al período establecido (2018–2025), dejando una muestra de 1,507 artículos. En la etapa de cribado, se excluyeron 555 documentos por carecer de DOI y 262 por tener acceso restringido, lo que dejó un total de 690 publicaciones. Posteriormente, tras revisar los títulos y resúmenes, se descartaron 397 estudios por no abordar metodologías relacionadas con Lean Manufacturing o Lean Six Sigma, 181 por no estar vinculados con la industria textil, y 52 por no tener una relación directa con el enfoque del estudio. Finalmente, se seleccionaron 60 artículos pertinentes, cuya depuración se resume en el diagrama de flujo PRISMA que se presenta en la sección siguiente.

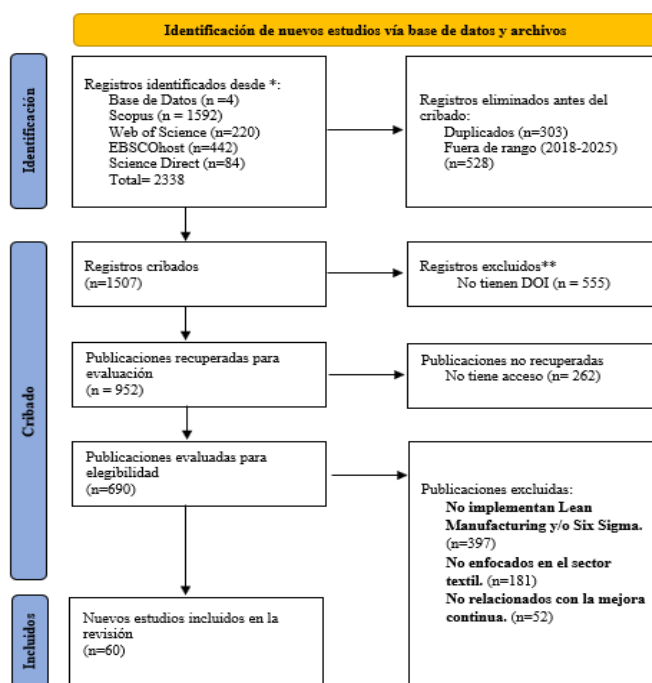


Fig. 1 Diagrama del flujo PRISMA

III. RESULTADOS

A. Resultados Bibliométricos

Los artículos de este estudio se organizaron por país de origen, palabras clave y fecha de publicación. Como se observa en la Figura 2, 2020 representó el 25 % de las contribuciones científicas totales a nuestro estudio, mientras que 2023 y 2024 aportaron sólo el 18 %.

D. Procedimiento de identificación y elección de estudios

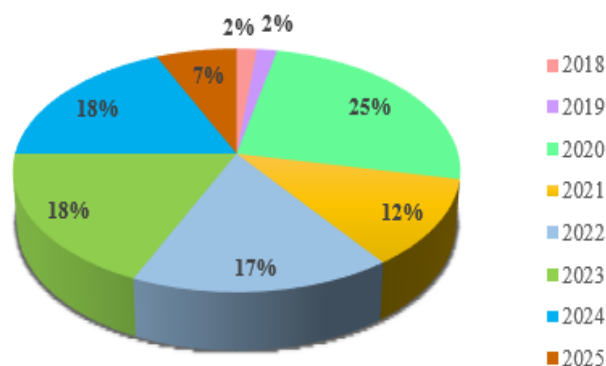


Fig. 2 Gráfico circular que representa los años de publicación científica en relación con los autores.

Seguidamente, la Figura 3 presenta un mapa de co-ocurrencia de términos claves. Los colores representan distintos grupos temáticos vinculados a la manufactura esbelta en la industria textil. El grupo rojo agrupa conceptos relacionados con la industria textil y herramientas lean; el verde, con la mejora continua y Six Sigma; el azul, con procesos de implementación; el amarillo, con sostenibilidad y productividad; y el morado, con prácticas como las 5S. Las líneas muestran la frecuencia y fuerza de las relaciones entre los términos presentes en la literatura académica.

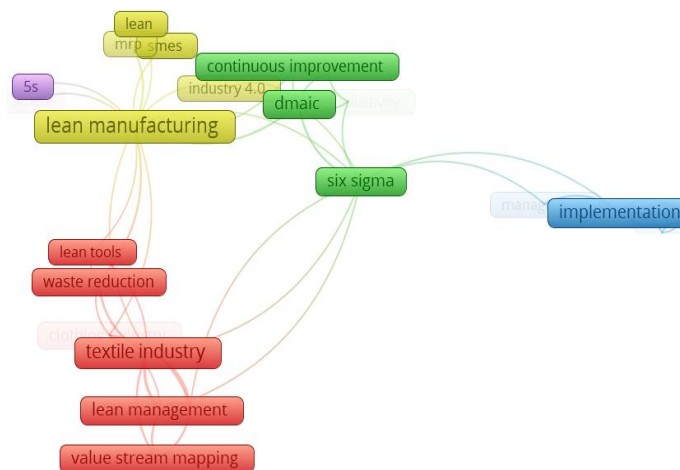


Fig. 3 Palabras utilizadas por los investigadores en los estudios incorporados en la revisión.

En relación con la procedencia geográfica, la Figura 4 destaca a Perú como el principal contribuyente en términos de producción científica, con un total de 13 artículos incluidos en esta investigación. Asimismo, se incorporaron 8 estudios provenientes de India.



Fig. 4 Publicaciones de la literatura según el País

Cabe resaltar que la interpretación de los resultados será fundamental para comprender y atender los objetivos generales y específicos establecidos en la RSL.

B. Resultados de Ingeniería

Seguidamente, se presenta un análisis detallado de los aspectos más significativos hallados en los 60 estudios incluidos, estructurados de acuerdo con los criterios de la metodología PICO, aplicada durante esta RSL.

• ¿Cuáles son los principales desafíos que enfrentan las empresas del sector textil en sus procesos productivos?

Las organizaciones del sector textil enfrentan diversos desafíos que afectan directamente su eficiencia, calidad y competitividad. Estos factores no solo incrementan los tiempos y los costos, sino que también dificultan la adecuación a los criterios de calidad establecidos por las demandas del mercado [55], [56], [57]. Otro aspecto crítico es la barrera al cambio organizacional y la falta de formación del personal, factores que, junto con una cultura Lean poco consolidada, dificultan la implementación de mejoras sostenibles en los procesos [41],[44],[51],[60]. Asimismo, se identifican con frecuencia tiempos improductivos, desplazamientos innecesarios y una planificación inadecuada, los cuales derivan en errores, desperdicios y pérdidas económicas significativas [6],[19],[20],[30].

Por otro lado, la mala gestión de inventarios, la presencia de cuellos de botella y la falta de coordinación entre las áreas de trabajo complican aún más la situación, reduciendo la productividad y afectando directamente la experiencia del cliente [28],[53],[54],[55]. En cuanto a la calidad, muchas empresas todavía carecen de procesos estandarizados, no cuentan con indicadores de desempeño ni con controles en tiempo real, lo que se traduce en una producción irregular y frecuentes retrabajos [7],[13],[38].

Tal como se visualiza en la figura 5, el 80% de las dificultades más relevantes se concentra en los nueve primeros desafíos identificados, destacando entre ellos los defectos en productos, procesos no estandarizados y retrabajos o reprocesos, evidenciando su alto impacto en las operaciones.

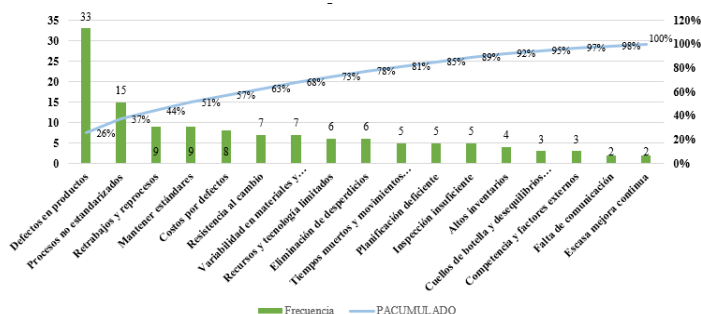


Fig. 5 Gráfico de Pareto sobre los desafíos más importantes en la producción del sector textil.

• ¿Cómo se implementan las metodologías Lean Manufacturing y Six Sigma en el sector textil?

La Tabla V muestra las herramientas clave de las metodologías Lean Manufacturing (LM) y Six Sigma (SS) empleadas en las compañías evaluadas en los estudios revisados. De este análisis, se determinó que las técnicas más frecuentes son 5S, VSM y DMAIC.

TABLA V
HERRAMIENTAS PRINCIPALES APLICADAS

Herramienta	Frecuencia	(%)	Autores
5S	42	25%	[2], [3], [4], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [19], [20], [22], [23], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [32], [33], [34], [35], [36], [37], [38], [39], [41], [42], [43], [44], [45], [49], [50], [53], [55], [57], [60]
VSM (Value Stream Mapping)	32	19%	[2], [4], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [18], [19], [20], [25], [26], [28], [29], [30], [34], [36], [37], [39], [41], [42], [43], [44], [54], [57], [58]
DMAIC	18	11%	[2], [3], [5], [6], [7], [10], [11], [16], [20], [23], [27], [33], [39], [46], [49], [52], [54], [59]
Kaizen	16	10%	[4], [6], [7], [9], [13], [22], [25], [27], [29], [30], [32], [37], [43], [44], [53], [57]
Kanban	15	9%	[10], [11], [12], [25], [26], [30], [32], [34], [36], [37], [42], [43], [44], [49], [60]

SMED	14	8%	[4], [5], [11], [21], [24], [26], [29], [30], [36], [37], [39], [42], [43], [55]
SPC (Control Estadístico de Procesos)	8	5%	[2], [6], [7], [13], [20], [33], [39], [46]
Ishikawa (Causa-Efecto)	8	5%	[3], [10], [15], [31], [33], [46], [54], [57]
Pareto	7	4%	[3], [5], [31], [33], [46], [57], [58]
Jidoka	5	3%	[12], [15], [29], [42], [44]

El gráfico 6 señala que la metodología 5S es la técnica de ingeniería de mayor uso, representando el 25 % del total reportado.

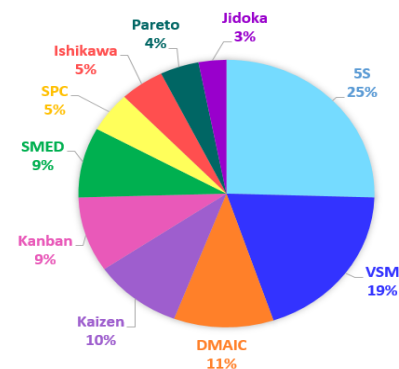


Fig. 6 Diagrama circular de las herramientas más utilizadas

Asimismo, una de las características más destacadas de las herramientas Lean aplicadas en el sector textil es su enfoque en la eliminación de desperdicios, lo que contribuye a una mejor utilización de los recursos, del espacio y del tiempo en las operaciones [1], [30], [44]. Además, su enfoque en la mejora continua y estandarización facilitan procesos más consistentes, repetibles y con menor variabilidad, fortaleciendo el control de calidad [3], [27], [39]. Por último, su facilidad de implementación y bajo costo las hace especialmente adecuadas para pequeñas y medianas empresas textiles que requieren soluciones prácticas y de rápida adopción [11], [15], [55].

Además, la eficiencia operativa se ve impactada directamente por diversas acciones orientadas a la mejora, tales como la reducción de los tiempos de ciclo, defectos y niveles de inventario en proceso [1], [30], [44]. De igual manera, se ha registrado un aumento en la productividad, en la puntualidad de las entregas y en la calidad del producto final, lo que contribuye a mejorar el desempeño frente a las demandas del mercado [3],

[27], [39]. Asimismo, se reporta una reducción del lead time, un incremento en el OEE (Overall Equipment Effectiveness) y una disminución de los costos operativos, reflejando avances tanto en eficiencia como en rentabilidad [11], [15], [55].

• **¿Qué evidencias de mejora continua se han identificado en los procesos productivos del sector textil luego de implementar Lean Manufacturing y Six Sigma?**

Los hallazgos más relevantes relacionados con la aplicación de Lean Manufacturing y Six Sigma en la industria textil se muestran en la Tabla VI, en la que se destaca una mejora del 30% en la productividad y puntualidad en las entregas, así como una caída del 45% en las fallas, según múltiples investigadores.

TABLA VI
 EVIDENCIAS DE MEJORAS CONTINUAS TRAS LA IMPLEMENTACIÓN DE LEAN MANUFACTURING Y SIX SIGMA

Efecto	Autores	Porcentaje	Resultado
Reducción de defectos	[9]	45%	Disminución significativa de productos no conformes y defectos; reducción del WIP en 74.3%, lead time en 71.1%, mejor calidad y menor retrabajo.
	[11]		Uso de Poka-Yoke y SMED aumentó eficiencia en 20% y redujo errores humanos.
	[12]		Defectos bajaron del 38% al 31% tras implementar Jidoka; Down time se redujo del 18% al 9%.
	[30] [40]		Disminución de desperdicios y defectos, optimización de la calidad final y aplicación de producción nivelada.
	[31]		OQL disminuyó de 6% a 4%, reduciendo defectos como hilos sin cortar y manchas.
	[39]		Tasa de defectos reducida hasta 0.03%, con menos reprocesos.
	[43]		Implementación de Poka-Yoke y círculos de calidad redujo defectos visiblemente.
	[48]		Aplicación de Lean Six Sigma e ISO 9001 logró reducción significativa de defectos.
Aumento de productividad	[19]	30%	Productividad aumentó hasta 85%; entregas tardías reducidas en 18%.
	[20] [47]		Incremento en eficiencia operativa y producción tras Lean Six Sigma.

	[25]		Producción pasó de 150 a 1928 kits/turmo; ciclo reducido de 180 a 13 segundos, acelerando entregas.
	[36]		Se registró un incremento del 50.37% en el área de costura y una reducción del 10% en los tiempos de entrega.
	[21]		La producción diaria aumentó un 32% tras la implementación de SMED, lo que contribuyó a la mejora en la puntualidad de las entregas.
Mejora en la entrega a tiempo	[14]	25%	El tiempo de entrega se redujo de 3.44 a 2 días, logrando cumplir con el takt time propuesto.
	[42]		El porcentaje de entregas cumplidas aumentó del 65% al 96%, manteniendo estas mejoras durante tres meses.
	[23]		Reducción de retrasos gracias a mejor gestión y comunicación, aumento del 25% en productividad.
	[17]		Se logró una mejora en la capacidad operativa y en el cumplimiento de entregas mediante una mejor alineación de recursos.
	[44]		La implementación de Kanban optimizó el flujo de materiales, redujo inventarios y mejoró la puntualidad en las entregas.

IV. DISCUSIÓN

Los resultados de esta revisión sistemática confirman que las empresas textiles enfrentan desafíos estructurales como procesos no estandarizados, defectos recurrentes y deficiencias en la gestión de inventarios, lo que coincide con estudios previos que señalan la resistencia cultural al cambio y la falta de capacitación como barreras críticas [41], [44], [51], [60]. Al contrastar la literatura, se observa que la aplicación aislada de Lean Manufacturing o Six Sigma genera mejoras parciales, mientras que su integración potencia los beneficios, pues investigaciones en Marruecos, India y Etiopía evidencian reducciones de defectos superiores al 40 % y mejoras en la puntualidad de las entregas [8], [9], hallazgos que se alinean con los de esta revisión (reducción de fallas en 45 % y aumento de productividad en 30 %), lo que refuerza la idea de que la sinergia Lean Six Sigma constituye una estrategia más robusta frente a los retos del sector textil.Para garantizar su éxito se identifican factores críticos como el compromiso organizacional, la capacitación del personal, la gestión del

cambio cultural, el uso de indicadores de desempeño y la integración con tecnologías de la Industria 4.0 [3], [27], [39]. En este sentido, destacan dos casos de éxito: en India, la aplicación de SMED y Kanban permitió reducir los tiempos de ciclo de 180 a 13 segundos y aumentar la producción de 150 a 1928 kits por turno [25], mientras que en Perú, la implementación de 5S y VSM en PYMEs textiles redujo el lead time en más del 70 % y mejoró la calidad final al disminuir los reprocesos [11], [15].

Finalmente, la evidencia recopilada sugiere que la integración de Lean Manufacturing y Six Sigma no solo optimiza indicadores clave de producción, sino que también transforma los sistemas productivos hacia modelos más eficientes y sostenibles, alineados con las exigencias de los mercados globales. Sin embargo, aún persisten vacíos de investigación que deben ser abordados. Por ello, se propone una agenda futura que incluya estudios longitudinales sobre sostenibilidad empresarial [11], comparaciones entre PYMEs y grandes compañías [12], [13], exploración de la integración con Industria 4.0 [4], [16], análisis de factores culturales en Latinoamérica [12], [13] y el desarrollo de modelos híbridos que combinen Lean Six Sigma con enfoques de economía circular [16]. Estas líneas de investigación permitirán consolidar la competitividad y sostenibilidad del sector textil en un entorno global cada vez más exigente, ofreciendo un marco más sólido para la toma de decisiones estratégicas y la implementación de mejoras continuas.

V. CONCLUSIÓN

El presente estudio tuvo como finalidad principal analizar el papel que desempeñan Lean Manufacturing y Six Sigma para afrontar los desafíos estructurales y productivos en la industria textil. Los resultados de la revisión sistemática muestran que la adopción de Lean Manufacturing y Six Sigma contribuye significativamente a reducir defectos y desperdicios. Además, estas metodologías optimizan los niveles de inventarios y acortan los plazos de entrega, logrando mejoras de hasta 74.3 % y 71.1 %, respectivamente. De igual manera, se identificaron avances relevantes en la satisfacción del cliente, la calidad del producto y la capacidad de las organizaciones para adaptarse eficientemente a las demandas variables del mercado.

Uno de los aportes más importantes de esta investigación radica en fortalecer el cuerpo de conocimiento existente respecto a los beneficios que Lean Manufacturing y Six Sigma aportan al sector textil, consolidándose como herramientas esenciales para mejorar la eficiencia operativa, promover la sostenibilidad ambiental y aumentar la competitividad empresarial. No obstante, se reconocen ciertas limitaciones, principalmente la heterogeneidad metodológica entre los

estudios analizados, lo que dificulta la comparación directa de los resultados. Además, se detecta una escasez de investigaciones empíricas que examinen de manera exhaustiva la implementación conjunta de ambas metodologías en este ámbito.

REFERENCIAS

- [1] J. Abad-Morán, C. Montero-Vera, A. Villafuerte-Calderón, and K. Barcia-Villacreses, "Parametrización e implementación de módulos de un-Sistema ERP en una compañía textil utilizando DMADV," in *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology, Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions*, 2021. doi: 10.18687/LACCEI2021.1.1.286.
- [2] N. Abbas, N. Sejri, J. Xu, and M. Cheikhrouhou, "New Lean Six Sigma readiness assessment model using fuzzy logic: Case study within clothing industry," *Alexandria Engineering Journal*, vol. 61, no. 11, pp. 9079–9094, Nov. 2022, doi: 10.1016/j.aej.2022.02.047.
- [3] F. E. Achibat, A. Lebkiri, E. mahjoub Aouane, H. Lougraimzi, N. Berrid, and A. Maqboul, "Analysis of the impact of Six Sigma and Lean Manufacturing on the performance of companies" *Management Systems in Production Engineering*, vol. 31, no. 2, pp. 191–196, Jun. 2023, doi: 10.2478/mspe-2023-0020.
- [4] B. S. Alanya, K. E. Dextre, V. H. Nuñez, G. E. Marcelo, J. C. Alvarez, and K. Hatakeyama, "Application of Lean Manufacturing to improve processes and increase productivity in the textile industry of Peru: case study" *South African Journal of Industrial Engineering*, vol. 35, no. 2, pp. 140–153, Aug. 2024, doi: 10.7166/35-2-2932.
- [5] S. AlMashaqbeh and E. M. Hernandez, "Evaluation and improvement of a plastic production system using integrated OEE methodology: A case study" *Management Systems in Production Engineering*, vol. 32, no. 3, pp. 450–463, Aug. 2024, doi: 10.2478/mspe-2024-0042.
- [6] S. Annamalai, K. Vinoth, and N. Bagathsingh, "Analysis of lean manufacturing layout in a textile industry," in *Materials Today: Proceedings*, Elsevier Ltd, 2020, pp. 3486–3490. doi: 10.1016/j.matpr.2020.05.409.
- [7] M. Asif, M. S. Siddiqui, F. Alam, and U. Hani, "Exploring the determinants of lean manufacturing adoption by textile enterprises in India: An investigation based on the latest World Bank Survey Data," *Industria Textila*, vol. 75, no. 6, pp. 742–750, 2024, doi: 10.35530/IT.075.06.202425.
- [8] N. Barrientos-Ramos, L. Tapia-Cayetano, F. Maradiegue-Tuesta, and C. Raymundo, "Lean manufacturing model of waste reduction using standardized work to reduce the defect rate in textile MSEs," in *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology, Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions*, 2020. doi: 10.18687/LACCEI2020.1.1.356.
- [9] B. Bizuneh and R. Omer, "Lean waste prioritisation and reduction in the apparel industry: application of waste assessment model and value stream mapping," *Cogent Engineering*, vol. 11, no. 1, 2024, doi: 10.1080/23311916.2024.2341538.
- [10] S. O. Caballero-Morales, L. Cuautle-Gutiérrez, J. de J. Cordero-Guridi, and R. I. Alvarez-Tamayo, "Six-Sigma Reference Model for Industry 4.0 Implementations in Textile SMEs," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 15, no. 16, Aug. 2023, doi: 10.3390/su151612589.
- [11] V. S. D. Carolina and A. S. W. Javier, "A Model for the Implementation of Lean Manufacturing in Textile SMEs in the Department of Cundinamarca," *Journal of Engineering Science and Technology Review*, vol. 16, no. 5, pp. 123–131, 2023, doi: 10.25103/jestr.165.15.
- [12] M. F. Collao-Díaz, M. V. Saavedra-Cielo, W. D. Calderón, and D. Reimer, "Improving Service Level in Textile SMEs through Lean and MRP Integration: A Case Study," *SSRG International Journal of Mechanical Engineering*, vol. 11, no. 11, pp. 15–23, Nov. 2024, doi: 10.14445/23488360/IJME-V11I11P102.
- [13] L. Costa, A. Almeida, and L. Reis, "Methodology for Implementing a Manufacturing Execution System in the Machinery and Equipment

- Industry," in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2024, pp. 2028–2037. doi: 10.1016/j.procs.2024.02.025.
- [14] J. Cristobal, G. Quispe, F. Dominguez, G. Zapata, and C. Raymundo, "Waste Reduction with Lean Manufacturing Model in an Alpaca Wool Workshop," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, IOP Publishing Ltd, Dec. 2020. doi: 10.1088/1757-899X/999/1/012014.
- [15] G. Cueto, Y. Caldas, G. Viacava, J. Quiroz, and J. Alvarez, "Waste reduction model in a small clothing company-umbrella model," in *Advances in Intelligent Systems and Computing*, Springer Verlag, 2020, pp. 994–1000. doi: 10.1007/978-3-030-25629-6_154.
- [16] T. B. Dagne, "Productivity Improvement Through Customized Lean and Six Sigma for Garment Manufacturing Industries," *Journal of Optimization in Industrial Engineering*, vol. 16, no. 1, pp. 9–17, Jun. 2023, doi: 10.22094/JOIE.2022.1904036.1763.
- [17] N. C. de Medeiros et al., "Measuring employee involvement in Lean Manufacturing efforts: proposal of a robust scale," *International Journal of Production Research*. Taylor and Francis Ltd., 2025. doi: 10.1080/00207543.2024.2448767.
- [18] Ö. Demirci and T. Gündüz, "Combined application proposal of Value Stream Mapping (VSM) and Methods Time Measurement Universal Analysis System (MTM-UAS) methods in Textile Industry" 2020. ("El-Cezeri » Submission » Manufacturing Lead Time Using DergiPark") [Online]. Available: 10.46465/endustrimuhendisligi.728061
- [19] L. Durand-Sotelo, M. Monzon-Moreno, P. Chavez-Soriano, C. Raymundo-Ibañez, and F. Dominguez, "Lean production management model under the change management approach to reduce order fulfillment times for Peruvian textile SMEs," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Apr. 2020. doi: 10.1088/1757-899X/796/1/012023.
- [20] R. Elboq, M. Fri, M. Hiyal, and J. el Alami, "Modeling Lean and Six Sigma Integration using Deep Learning: Applied to a Clothing Company," *Autex Research Journal*, vol. 23, no. 1, pp. 1–10, Mar. 2023, doi: 10.2478/aut-2021-0043.
- [21] E. Emekdar, H. Açikgöz-Tufan, U. K. Şahin, S. Kurşun Bahadır, B. Tuluk, and A. N. Şimşek, "Process improvement and efficiency analysis using the Single-Minute Exchange of Dies method applied to the set-up and operation of screen-printing machines," *Coloration Technology*, vol. 139, no. 2, pp. 209–218, Apr. 2023, doi: 10.1111/cote.12676.
- [22] M. Ewnetu and Y. Gzate, "Assembly operation productivity improvement for garment production industry through the integration of lean and work-study, a case study on Bahir Dar textile share company in garment, Bahir Dar, Ethiopia," *Heliyon*, vol. 9, no. 7, Jul. 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e17917.
- [23] S. Flores-Meza, J. Limaymanta-Perales, J. Eyzaguirre-Munarriz, C. Raymundo-Ibañez, and M. Perez, "Lean Manufacturing Model for production management to increase SME productivity in the non-primary manufacturing sector," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Apr. 2020. doi: 10.1088/1757-899X/796/1/012019.
- [24] G. F. I. Toki et al., "Single Minute Exchange Die (SMED): A sustainable and well-timed approach for Bangladeshi garments industry," *Cleaner Engineering and Technology*, vol. 12, Feb. 2023, Doi: <https://10.1016/j.clet.2022.100592>.
- [25] A. C. Gavriluță, E. L. Nițu, and C. A. Gavriluță, "Algorithm to use some specific lean manufacturing methods: Application in an industrial production process," *Processes*, vol. 9, no. 4, Apr. 2021, doi: 10.3390/pr9040641.
- [26] M. A. Habib, R. Rizvan, and S. Ahmed, "Implementing lean manufacturing for improvement of operational performance in a labeling and packaging plant: A case study in Bangladesh," *Results in Engineering*, vol. 17, Mar. 2023, doi: 10.1016/j.rineng.2022.100818.
- [27] V. K. Harikrishnan and S. Annamalai, "Integrating ergonomic factors with waste identification diagram to enhance operator performance and productivity in the textile industry," *Transactions of FAMENA*, vol. 46, no. 1, pp. 1–21, 2022. doi: 10.21278/TOF.461032621
- [28] F. Y. Henao-Ordoñez, B. S. Rios-Becerra, J. D. Cardona-Morales, and A. M. Paredes-Rodríguez, "Playful strategy for the analysis of a production system from a lean manufacturing approach," *DYNA (Colombia)*, vol. 92, no. 235, pp. 110–115, Jan. 2025, doi: 10.15446/dyna.v92n235.117207.
- [29] Md. I. Hosen, S. R. Tushar, Md. F. bin Alam, and Md. Syduzzaman, "Strategies for economic sustainability: An empirical study on Muri, Mura, and Muda in the readymade garment sector," *Green Technologies and Sustainability*, vol. 3, no. 1, p. 100115, Jan. 2025, doi: 10.1016/j.grets.2024.100115.
- [30] J. M. Kafuku, "Factors for effective implementation of lean manufacturing practice in selected industries in Tanzania," in *Procedia Manufacturing*, Elsevier B.V., 2019, pp. 351–358. doi: 10.1016/j.promfg.2019.04.043.
- [31] S. Kaka et al., "Textile & Leather Review Reducing Outgoing Quality Level (OQL) in Textile Manufacturing Through Six Sigma Methodology: A Case Study Reducing Outgoing Quality Level (OQL) in Textile Manufacturing Through Six Sigma Methodology: A Case Study," 2024, doi: 10.31881/TLR.2024.133
- [32] M. A. Kalwar, A. N. Wassan, M. A. Khan, M. H. Wadho, S. A. Shaikh, and B. A. Memon, "Application of Overall Equipment Effectiveness in increasing productivity: Case of textile company," *WPOM - Working Papers on Operations Management*, vol. 16, pp. 1–32, 2025. doi: 10.4995/wpom.21168
- [33] H. Kurnia, C. Jaqin, H. H. Purba, and I. Setiawan, "Implementation of Six Sigma in the DMAIC approach for quality improvement in the knitting Socks Industry" *Tekstil ve Muhendis*, vol. 28, no. 124, pp. 269–278, 2021, doi: 10.7216/1300759920212812403.
- [34] J. A. de M. Lammoglia, N. Brandalise, and C. T. Hernandez, "Analytical hierarchy process - bocra applied for the best lean project selection for production lines," *Independent Journal of Management & Production*, vol. 11, no. 1, pp. 054–064, Feb. 2020, doi: 10.14807/ijmp.v11i1.990.
- [35] I. Leksic, N. Stefanic, and I. Veza, "The impact of using different lean manufacturing tools on waste reduction," *Advances in Production Engineering and Management*, vol. 15, no. 1, pp. 81–92, Mar. 2020, doi: 10.14743/APEM2020.1.351.
- [36] B. Liza Ludeña, G. Paulino Fierro, and E. Altamirano Flores, "Design of a Lean Manufacturing model to reduce order delivery in a Textile Mype," in *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology, Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions*, 2022. doi: 10.18687/LEIRD2022.1.1.93.
- [37] B. K. Manickam and P. Rathinasamy, "A fuzzy Gra-Based Decision-Making approach on the selection of lean tools: A case study of Indian apparel industry" *International Journal of Industrial Engineering: Theory Applications and Practice*, vol. 29, no. 1, pp. 1–20, 2022, doi: 10.23055/ijietap.2022.29.1.6777.
- [38] B. Martinez-Condor, F. Mamani-Motta, I. Macassi-Jaurequi, C. Raymundo-Ibañez, and M. Perez, "Lean Production Model Aligned with Organizational Culture to Reduce Order Fulfillment Issues in Micro- and Small-sized Textile Businesses in Peru," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Apr. 2020. doi: 10.1088/1757-899X/796/1/012016.
- [39] J. D. Martínez Saavedra and J. Arboleda Zuñiga, "Propuesta para la reducción de tiempos y productos no conformes en el área de confecciones de la empresa Suramericana de Guantes S. A. S. mediante herramientas de lean manufacturing," *INVENTUM*, vol. 16, no. 30, pp. 40–53, May 2021, doi: 10.26620/uniminuto.inventum.16.30.2021.40-53.
- [40] N. Marulanda-Grisales and H. H. González Gaitán, "Operations Strategic Objectives and Decisions as Support for Lean Manufacturing," *Dimensión Empresarial*, vol. 16, no. 1, Sep. 2017, Doi: 10.15665/dem.v16i1.1233.
- [41] R. F. Mascarenhas, C. Pimentel, and M. J. Rosa, "The way lean starts - a different approach to introduce lean culture and changing process with people's involvement," in *Procedia Manufacturing*, Elsevier B.V., 2019, pp. 948–956. doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.178.
- [42] S. Millan, M. Collao, G. Franco, and E. del Solar, "Service model based on Lean Manufacturing, MRP and MPS to increase the level of service in a MYPE in the textile sector," in *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology, Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions*, 2023. doi: 10.18687/LEIRD2023.1.1.247.

- [43] M. Mohan Prasad, J. M. Dhiyaneswari, J. Ridzwanul Jamaan, S. Mythreyan, and S. M. Sutharsan, "A framework for lean manufacturing implementation in Indian textile industry," in *Materials Today: Proceedings*, Elsevier Ltd, 2020, pp. 2986–2995. doi: 10.1016/j.matpr.2020.02.979.
- [44] E. L. Moskvicheva, A. M. Mukhametshina, A. N. Erofeev, and K. v. Savelyev, "Lean manufacturing - A method of managing a manufacturing enterprise," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, May 2020. doi: 10.1088/1757-899X/862/4/042051.
- [45] L. Mulugeta, "Productivity improvement through lean manufacturing tools in Ethiopian garment manufacturing company," in *Materials Today: Proceedings*, Elsevier Ltd, 2020, pp. 1432–1436. doi: 10.1016/j.matpr.2020.06.599.
- [46] F. Munir, N. Saeed, and M. O. A. Abu-Shawiesh, "Identification of the Vital Causes of Defects in a Dyeing Textile Industry," *Industrial Engineering and Management Systems*, vol. 23, no. 3, pp. 460–471, Sep. 2024, doi: 10.7232/iems.2024.23.3.460.
- [47] A. Nedra, X. Jun, S. Nèjib, and D. Jiajia, "Effect of ISO (9001) Certification and Article Type Produced on Lean Six Sigma Application Successes: A Case Study Within Textile Companies," *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, vol. 30, no. 2, pp. 17–22, 2022, doi: 10.2478/ftce-2022-0003.
- [48] A. Nedra, S. Nèjib, J. Boubaker, and C. Morched, "An Integrated Lean Six Sigma Approach to Modeling and Simulation: A Case Study from Clothing SME," *Autex Research Journal*, vol. 22, no. 3, pp. 305–311, Sep. 2022, doi: 10.2478/aut-2021-0028.
- [49] J. Ortiz Porras, J. Salas Bacalla, L. Huayanay Palma, R. Manrique Alva, and E. Sobrado Malpartida, "Modelo de gestión para la aplicación de herramientas Lean Manufacturing para la mejora de la productividad en una empresa de confección de ropa antiplama de Lima - Perú," *Industrial Data*, vol. 25, no. 1, pp. 103–135, Aug. 2022, doi: 10.15381/idata.v25i1.21501.
- [50] A. Palange and P. Dhattrak, "Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing," in *Materials Today: Proceedings*, Elsevier Ltd, 2021, pp. 729–736. doi: 10.1016/j.matpr.2020.12.193.
- [51] Y. Prasetyawan, M. Suef, N. Rifqy, and I. O. K. Wardani, "Manufacturing strategy improvement based on lean methodology," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, May 2019. doi: 10.1088/1757-899X/508/1/012095.
- [52] M. A. Rodríguez Alza, I. T. Lizaraburu Sachun, and C. A. Silva Pérez, "Implementación de Herramientas de Gestión de Calidad para la Optimización de Costos en una Empresa Manufacturera Textil. Trujillo - La Libertad, 2023," in *Memorias de la Décima Cuarta Conferencia Iberoamericana de Complejidad, Informática y Cibernética: CICIC 2024*, International Institute of Informatics and Cybernetics, Mar. 2024, pp. 206–210. doi: 10.54808/cicic2024.01.206.
- [53] S. Saravanan, P. S. Chakraborty, S. Nallusamy, and V. Kumar, "A Proposed Model for Productivity Improvement by Implementation of Lean Manufacturing Techniques in a Textile Industry," *SSRG International Journal of Mechanical Engineering*, vol. 10, no. 8, pp. 31–48, Aug. 2023, doi: 10.14445/23488360/IJME-V10I8P104.
- [54] N. Sejri and N. Abbes, "The effects of integrated Lean Six Sigma methodology with ergonomics principles in the garment industry," *Industria Textila*, vol. 76, no. 1, pp. 11–18, 2025, doi: 10.35530/IT.076.01.202461.
- [55] D. Silva-Castro, R. Campoblanco-Carhuachin, and C. León-Chavarri, "Production management model to reduce non-fulfillment of orders in Peruvian garment SMEs through 5S, SMED and standardization tools," in *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology, Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions*, 2022. doi: 10.18687/LEIRD2022.1.1.73.
- [56] D. la Hoz, J. Soñett, D. Sandoval, and del Jonathan Fábregas la Lauriza Díaz, "Sistema productivo industrial utilizando modelos de manufactura esbelta*", 10.52080/rvgluz.28. e9.44.
- [57] A. Ur Rehman, Y. S. Usmani, U. Umer, and M. Alkahtani, "Lean Approach to Enhance Manufacturing Productivity: A Case Study of Saudi Arabian Factory," *Arabian Journal for Science and Engineering*, vol. 45, no. 3, pp. 2263–2280, Mar. 2020, doi: 10.1007/s13369-019-04277-9.
- [58] C. N. Wang, T. T. B. C. Vo, Y. C. Chung, Y. Amer, and L. T. Truc Doan, "Improvement of Manufacturing Process Based on Value Stream Mapping: A Case Study," *EMJ - Engineering Management Journal*, vol. 36, no. 3, pp. 300–318, 2024, doi: 10.1080/10429247.2023.2265793.
- [59] C. M. Yu, T. H. Huang, K. S. Chen, and T. Y. Huang, "Construct Six Sigma DMAIC Improvement Model for Manufacturing Process Quality of Multi-Characteristic Products," *Mathematics*, vol. 10, no. 5, Mar. 2022, doi: 10.3390/math10050814.
- [60] A. Hoiara et al., "Guidelines for the implementation of Lean Manufacturing in small and medium-sized enterprises: A study in the textile industrial segment in the region of Barretos-SP" [Online]. 10.54399/rbgdr.v19i2.6439