

La sostenibilidad y la mejora continua

Sustainability relating to continuous improvement

Cristina Zapien Guerrero¹ , Erick Gerardo Molina Castañeda² 

¹Doctorado en Tecnología, Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura, Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua, México

²The University of Texas at El Paso, College of Engineering, Department of Industrial, Manufacturing and Systems Engineering, Program Master of Science in Manufacturing Engineering, El Paso, TX, EUA

RESUMEN

En la última década, las empresas han incorporado la sostenibilidad como parte de sus estrategias, con el propósito de garantizar el bienestar de las futuras generaciones. Según la revisión de la literatura, una de las primeras formas en que se ha aplicado este concepto es mediante la mejora continua, un enfoque sistemático orientado a optimizar procesos, productos y/o servicios, identificando oportunidades para reducir o eliminar actividades innecesarias. En el contexto de la sostenibilidad, esto se traduce en acciones como la disminución del consumo de energía, la generación de residuos y el uso de materiales, entre otros. El objetivo principal de esta investigación es llevar a cabo una revisión de la literatura junto con un análisis bibliométrico, utilizando un proceso de cinco etapas: recopilación, análisis, visualización e interpretación de datos, seguido de la presentación de resultados. La base de datos utilizada fue EBSCO, y se emplearon como palabras clave en el título los términos *sustainability* y *continuous improvement*. A partir de esta búsqueda, limitada a publicaciones arbitradas entre 2015 y la actualidad, se identificaron 3025 documentos. El análisis de estos trabajos evidencia que la ingeniería industrial ha desempeñado un papel clave al integrar la mejora continua con los principios de sostenibilidad, ayudando a que las industrias asuman una mayor responsabilidad social y ambiental mediante la optimización de sus procesos. Como resultado, se generó un mapa bibliográfico que muestra la conexión entre artículos similares a través de autores, palabras clave y otros elementos analíticos.

PALABRAS CLAVE: mejora continua; sostenibilidad; ingeniería industrial.

ABSTRACT

Over the past decade, organizations have increasingly embraced sustainability as a strategic imperative aimed at safeguarding the well-being of future generations. According to the literature, one of the initial approaches through which sustainability has been operationalized is via continuous improvement—a systematic methodology focused on enhancing processes, products, and services by identifying and eliminating inefficiencies. Within the sustainability framework, this approach is exemplified by efforts to minimize energy consumption, waste generation, and material usage, among other resource-intensive activities. The objective of this study is to conduct a comprehensive literature review and a bibliometric analysis, following a structured five-phase methodology: data collection, data analysis, data visualization, interpretation, and presentation of results. The EBSCO database was employed for the search, using the title keywords *sustainability* and *continuous improvement*, and filtering for peer-reviewed publications from 2015 to the present. This search yielded a total of 3,025 relevant documents. The analysis reveals that industrial engineering has played a significant role in bridging continuous improvement methodologies with sustainability principles, thereby enabling industries to strengthen their social and environmental responsibility through process optimization. As a final outcome, a bibliographic map was developed, illustrating interconnections among related studies based on authorship, keywords, and other bibliometric indicators.

KEYWORDS: continuous improvement; sustainability; industrial engineering.

Correspondencia:

DESTINATARIO: Cristina Zapien Guerrero

INSTITUCIÓN: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez/ Instituto de Ingeniería y Tecnología

DIRECCIÓN: Ave. del Charro núm. 450 norte, col. Partido Romero, C. P. 32310, Ciudad Juárez, Chihuahua, México

CORREO ELECTRÓNICO: cristina.zapien@uacj.mx

Fecha de recepción: 9 de junio de 2025. **Fecha de aceptación:** 10 de julio de 2025. **Fecha de publicación:** 31 de agosto de 2025.



I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo sostenible se entiende como aquel proceso que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para atender sus propias necesidades [1]. La producción o servicios de una industria puede tener efectos ambientales adversos [2] que pueden provenir de las operaciones de transformación o elaboración o del uso de las instalaciones industriales, ya que maquinaria y desechos pueden contaminar el ecosistema contiguo [3]. Tan solo en México, al cierre julio de 2024 había 5215 unidades económicas de manufactura y maquiladora de exportación [4], de ahí la importancia de acciones dirigidas a lograr la defensa, protección y mejora del medio ambiente, con base en el mejoramiento en las industrias.

La mejora continua es una estrategia estructurada orientada a optimizar de forma constante los procesos, productos y servicios dentro de una organización. Parte del principio de que siempre existen oportunidades de perfeccionamiento y se enfoca en la aplicación de cambios graduales o incrementales que contribuyan a elevar la eficiencia operativa, la calidad y la satisfacción del cliente [5], a través de la eliminación de los desperdicios a lo largo de toda la cadena de valor, creando procesos que requieren menor esfuerzo humano, capital, tiempo y espacio, para fabricar productos y servicios a un costo significativamente menor y con menos defectos, en comparación con los sistemas empresariales tradicionales la mayoría de las veces implementados por un ingeniero industrial.

Las metodologías de mejora continua en la ingeniería industrial son *Lean Manufacturing*, el ciclo *DMAIC* (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), *PDCA* (*Plan, Do, Check, Act*), *Six Sigma*, *TQM* (*Total Quality Management*) y *RCA* (*Root Cause Analysis*), entre otras [6], [7]. Estas metodologías aplicadas por ingenieros industriales en la convergencia de sostenibilidad es la adaptación de prácticas sustentables a través de estos métodos, incluyendo la rastreabilidad del impacto en los métricos económicos, sociales y ambientales.

Las estrategias de mejoramiento que promueven la sostenibilidad se han empleado en distintos campos. Por ejemplo, se han usado en cadena de suministros, servicios, procesos de transformación, de oficina, entre otros [8], [9], [10].

La presente investigación ha tenido como objetivo evaluar la producción científica de la sostenibilidad y la mejora continua, siendo un estudio descriptivo transversal mediante el análisis bibliométrico de las publicaciones arbitradas en EBSCOhost de 2015 a 2024 y concluir su interacción.

Los mapas científicos, también conocidos como mapas bibliométricos, son una clase de mapas conceptuales que muestran de manera espacial las áreas o disciplinas, especializaciones o publicaciones, así como las interrelaciones entre dichos elementos [11]. En consecuencia, estos diagramas constituyen herramientas valiosas para los investigadores, ya que facilitan la identificación de información significativa sobre la estructura y evolución de un campo científico.

En estos mapas existen dos tipos de elementos: los ítems y los enlaces. Los ítems representan autores, instituciones, documentos, fuentes de publicación, países, palabras clave, etc. Por otra parte, los enlaces indican las relaciones o conexiones existentes entre los diferentes ítems. Por ejemplo, un enlace que une a dos autores puede reflejar una colaboración en la coautoría de trabajos. En cuanto a su representación visual, es importante señalar que el tamaño de cada ítem está relacionado con su relevancia dentro de la muestra analizada, mientras que el grosor de los enlaces depende de la intensidad de la relación; es decir, cuanto más fuerte sea la conexión entre dos ítems, más gruesa será la línea que los conecta [12].

El análisis de los datos, utilizando la metodología de revisión de literatura propuesta, revela que la ingeniería industrial ha desempeñado un papel fundamental al combinar la mejora continua con la sostenibilidad, lo que ha permitido a las industrias optimizar sus procesos y productos, así como generar un impacto positivo en el entorno ambiental y social. Esta integración crea un valor duradero y refuerza la competitividad en un entorno industrial cada vez más consciente de la importancia de la responsabilidad social y ambiental.

II. METODOLOGÍA

La metodología aplicada fue de tipo descriptivo con enfoque cuantitativo. Se usaron indicadores bibliométricos para realizar el estudio. El primer paso fue la búsqueda en la base de datos de EBSCO y, luego de obtener los resultados, se seleccionaron las publicaciones con el

fin de que ligen el término sostenible a las metodologías de mejora continua. Finalmente, se procedió al análisis y conclusiones.

A. BÚSQUEDA DE DATOS

Para la construcción de la ecuación de búsqueda se tomaron como base los temas de la investigación, que son: *sostenibilidad, mejora continua, manufactura, manufactura verde e industrias*, limitándose a publicaciones arbitradas desde 2015. A partir de este punto se diseñó la ecuación, presentada en el párrafo siguiente, con la cual se obtuvieron 3025 publicaciones.

TITLE-ABS-KEY ("sustainability") AND ALL [title, abstract, and keywords fields] "continuous improvement" AND "manufacturing" AND "green manufacturing" AND industries OR industry)

B. SELECCIÓN

Como primer criterio se excluyeron trabajos con títulos similares, obteniéndose 2896. Como segundo criterio se consideraron aquellos trabajos que incluyen los pilares económico, social y ambiental, independientemente de que se evaluaran por separado o simultáneamente 1152. Como tercer criterio se agregaron a la búsqueda los términos relacionados con metodologías de mejora continua, lográndose 584. Y como cuarto criterio se realizó una revisión detallada del artículo a través de una verificación manual del título, palabras clave y resumen para identificar si el artículo se relacionaba con la mejora continua y la sostenibilidad de las industrias. Según lo evaluado, se encontraron 309 artículos (Figura 1).

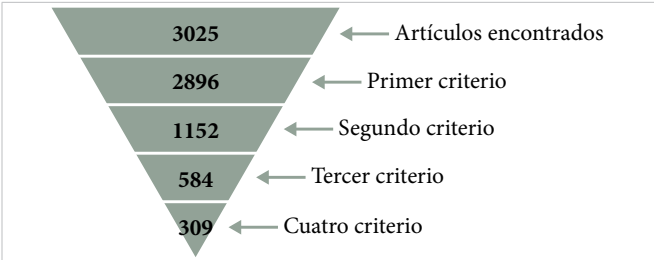


Figura 1. Sumario de selección. Fuente: elaboración propia.

C. ANÁLISIS

A partir de los datos bibliográficos de los 309 artículos obtenidos, se utilizaron diversos indicadores bibliométricos,

tales como el historial de publicaciones, las revistas en las que se publicaron, los tipos de publicación, las palabras clave y las citación de los autores.

- Cronología de publicaciones. Este indicador muestra el número de publicaciones realizadas a través de los años seleccionados (Figura 2), en el cual se ve una tendencia de crecimiento incremental a partir del año 2020.

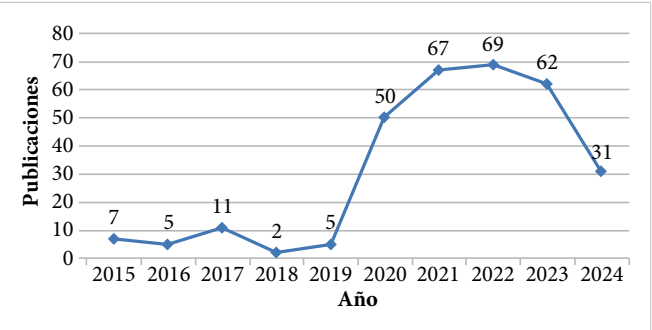


Figura 2. Gráfica de distribución de datos por año. Fuente: EBSCO y Google Académico, adaptado por autores.

- Revistas de publicaciones. Este muestra el listado de revistas y el número de publicaciones científicas de cada una de ellas (Tabla 1), teniendo como mayor contribuidor con un 15 % o 48 publicaciones a la revista *Sustainability*, publicada por la editorial MDPI (Multidisciplinary Digital Publishing Institute), seguida del *Journal of Cleaner Production*, con un 5 %, de la editorial Elsevier.

TABLA 1
CLASIFICACIÓN POR REVISTAS

REVISTAS	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	TOTAL
<i>Sustainability</i>	0	0	0	1	2	7	12	17	8	1	48
<i>J Clean Prod</i>	0	0	0	0	0	2	4	3	5	0	14
<i>TQM Journal</i>	0	0	0	0	0	2	2	1	5	1	11
<i>Prod. Plan. Control.</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	5	1	8
<i>Total Qual. Manag. Bus.</i>	0	0	0	1	0	1	3	1	1	0	7
<i>Int. J. Lean Six Sigma</i>	0	0	0	0	0	1	3	0	3	0	7
<i>Bus. Strategy Environ.</i>	0	0	0	0	0	1	2	1	2	0	6
<i>Processes</i>	0	0	0	0	0	1	1	2	1	0	5
<i>J. Ind. Eng. Manag.</i>	0	1	0	0	0	2	1	0	1	0	5
<i>World J. Adv. Res. Rev.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4
Otras	7	4	11	0	3	33	38	43	31	24	194
Total	7	5	11	2	5	50	67	69	62	31	309

- Tipos de publicaciones. La clasificación abarca artículo publicado en revistas científicas, artículos de conferencias y capítulos de libro.

En la [Tabla 2](#) se muestra la cantidad distribuida mostrando una mayor participación de publicaciones en revistas científicas.

TABLA 2
CLASIFICACIÓN POR TIPO DE PUBLICACIÓN

TIPO DE PUBLICACIÓN	CANTIDAD
Artículo en <i>journal</i>	285
Conferencia	22
Capítulo de Libro	2

- Palabras clave. Para las palabras clave se usó el método de fuerza de asociación, el cual busca determinar cuáles categorías se relacionan más entre ellas y se agrupan acorde con ello.

Para esto se usó el software libre VosViewer, que es un recurso para análisis bibliométrico que ayuda a crear redes bibliométricas para ver gráficamente estas relaciones. El enfoque de la investigación se refleja en la [Figura 3](#) con un gráfico de co-ocurrencia de palabras clave, en la que se destacan *sustainability*, *industry*, *manufacturing sustainability*, *continuous improvement strateg*, *lean manufacturing*, *practice*, *framework*, mostrando una relación entre *sostenible e industrias*. En total se generaron 7 clústers y 49 ítems y las ocurrencias indican la cantidad total de apariciones de un término en todos los documentos. Sin embargo, a pesar de los 49 ítems u objetos de interés se observa co-ocurrencia con *mejora continua* y *manufatura esbelta*, relacionando a *sostenibilidad e industrias* con los colores amarillo y naranja, representando una fuente de investigación futura más amplia para el papel del ingeniero industrial en manufatura sostenible o manufacturing green.

- Citación de autores. Este indicador presenta cómo se relacionan y son citados los autores.

El método utilizado para encontrar las relaciones y los grupos es la co-citación [13], que se refiere a la relación que surge cuando dos ítems de la literatura son citados conjuntamente por un tercero. Además, estos autores indican que la fuerza de dicha relación depende del número de documentos que incluyen ambos ítems en sus referencias. En este contexto, para representar la co-citación en el área de la sostenibilidad en la industria y la mejora continua, se identificaron un total de 1077 autores, cuya co-citación se visualiza

en el mapa bibliométrico presentado en la [Figura 4](#). El análisis para conocer su co-citación, a través también del software VosViewer, encontró cuatro autores principales presentados en la [Tabla 3](#), que muestra su procedencia, finalidad de estudio y número de artículos que contribuyen a esta investigación.

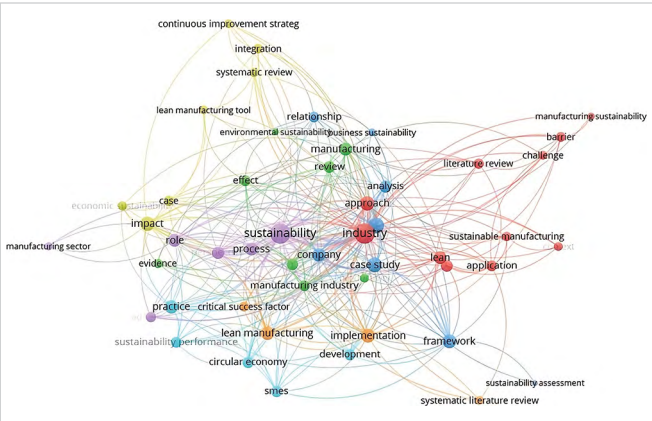


Figura 3. Palabras claves relacionadas en la revisión del artículo. Fuente: elaboración propia.

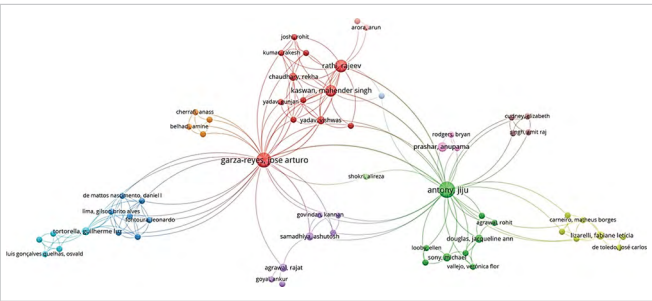


Figura 4. Co-citación de la revisión de los artículos. Fuente: elaboración propia.

TABLA 3
AUTORES PRINCIPALES

AUTOR / UNIVERSIDAD / INVESTIGACIÓN / UBICACIÓN	ARTÍCULOS
Jiju Antony / Khalifa University / Industrial and Systems Engineering / Emiratos Árabes Unidos	11
Jose Arturo Garza-Reyes / University of Derby / Centre for Supply Chain Improvement / Reino Unido	9
Rajeev Rath / National Institute of Technology, Kurukshetra / Exploration and Investigation of Green Lean Six Sigma / India	6
Mahender Singh Kaswan / Lovely Professional University / Green Lean Six Sigma for Sustainable Development / India	5

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A través de la revisión de literatura y los mapas bibliométricos de sostenibilidad, centrados en el aspecto mejora

continua, se pretende que las empresas de manufactura o industrias, a través de la ingeniería industrial, se enfoquen en satisfacer las necesidades tanto de los empleados como de la sociedad. Entre los resultados, en términos de relación de mejora continua, se encuentra una estrecha relación con las palabras claves *sostenible*, *industria*, *impacto* y *enfoque*, tal como se muestra en la [Figura 5](#).

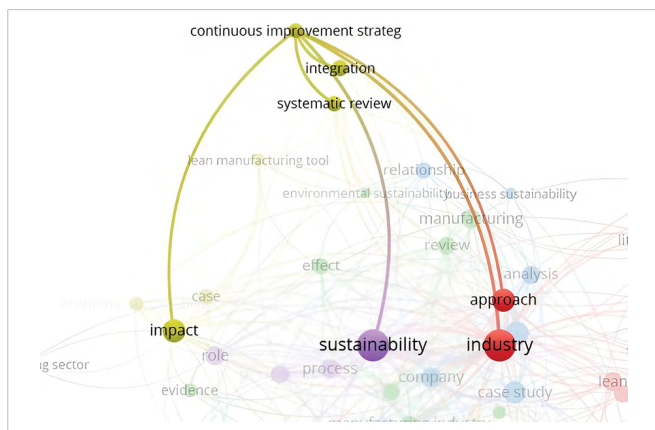


Figura 5. Palabras claves relacionadas solo con mejora continua. Fuente: elaboración propia.

En las publicaciones de este interés se encontraron las siguientes herramientas: Kaizen, Gemba, Andon, Poka-yoke, TPM, OEE y Jidoka [14]; en algunos trabajos, la disminución del desperdicio generando un impacto en la sostenibilidad [15], [16]; la aplicación de Value Stream Mapping (VSM) y su impacto en los Indicadores Clave de Desempeño (KPI) [17], [18]; indicadores de desempeño, como lo son el factor económico [19], a través de herramientas de costeo como es Costeo Basado en Actividades (ABC) y las herramientas del ciclo de Deming de PDCA para desarrollar un sistema de gestión de costos para la mejora continua de la eficiencia operativa y la reducción de costos con un enfoque ambiental [20].

Por otro lado, el uso de herramientas de control automatizadas alineadas al progreso de la industria provoca un aumento significativamente en el rendimiento general, la productividad y la producción, además de optimización costos y el consumo de recursos de manera eficiente [21], [22]. De acuerdo con publicaciones recientes, la mayoría de las industrias están cambiando gradualmente hacia una fabricación sostenible en términos de Industria 4.0 e Industria 5.0, que están centradas en lo humano, lo que quiere decir que se sitúa a las necesidades humanas en el centro del proceso de producción, preguntando qué puede hacer la tecnología por los trabajadores y cómo puede ser útil [7], [23], [24].

En este mismo sentido, la digitalización en la fabricación y transformación contribuye a la sostenibilidad ambiental al impulsar la eficiencia de los recursos y la información. Tal es el caso también de las operaciones de logística vinculadas de manera inteligente, dando un entorno de fabricación ágil o sistema *pull* y adaptativo en tiempo real [9], [25], aplicando la economía circular (EC), la cual es una alternativa válida para reemplazar el modelo lineal actual de consumo y desecho [26]. Asociando a ello está el término Green Supply Chain Management (GSCM), el cual considera una solución a los problemas ambientales y los hábitos de consumo en toda la cadena de suministro. El objetivo de GSCM y la mejora continua, en conjunto, es una combinación óptima de métricas de desempeño ambiental, económico, logístico, organizacional y de *marketing* [3].

En suma, en las publicaciones revisadas se destaca el uso herramientas de ingeniería industrial, a través de la filosofía de mejora continua, y su impacto directo en el desempeño sostenible de las industrias. Frick [27] afirma que el panorama industrial se está transformando profundamente a través de tecnologías y estándares emergentes como la digitalización, Quality 5.0 e Industria 5.0. Con base en estos hallazgos, se recomienda que la rama de ingeniería industrial, al aplicar la mejora continua, promueva acciones de sostenibilidad en todas sus aplicaciones para respaldar el crecimiento económico, social y ambiental de las empresas de manufactura y, a su vez, mejorar significativamente la productividad y la eficiencia operativa. Tal como mencionan Biswas y Das, existe una oportunidad de investigación amplia [7], [28].

IV. CONCLUSIONES

En el presente documento se desarrolló una descripción de las variables *sostenibilidad* y *mejora continua*, así como su búsqueda de producción científica. Los resultados obtenidos en el análisis de los documentos seleccionados ofrecen una base sólida para confirmar su asociación, así como, acorde al capítulo de resultados y discusión, se muestra una mejor comprensión de un campo de investigación de naturaleza multidisciplinar.

La aplicación de métodos bibliométricos está mostrando un gran potencial para la confirmación cuantitativa de ideas preconcebidas asociadas a la relación de estas disciplinas, considerando que el porcentaje de artículos que se han publicado es aún bajo si se tiene en cuenta el número total de publicaciones acerca de la sostenibilidad.

Como futuros pasos se propone un estudio especializado de las herramientas de mejora continua que han aplicado y su impacto en los métricos de la sostenibilidad, así como la evolución del papel del ingeniero industrial y su asociación al campo de la sostenibilidad, mientras impulsa mejoras de productividad, control y logística. Esta información es valiosa tanto para investigadores como para profesionales de ingeniería industrial que buscan mejorar el rendimiento operativo.

REFERENCIAS

- [1] WCED, “Our common future”, World Commission on Environment and Development, Oslo, 1987.
- [2] A. Darmawan y D. Ahmad, “Development of an Environmental Insurance Program based on Islamic Values in the Palm Oil Industry in Indonesia for Community Welfare”, *Iltizam*, vol. 6, n.º 1, pp. 145-159, 2022, doi: [10.30631/iltizam.v6i2.1385](https://doi.org/10.30631/iltizam.v6i2.1385).
- [3] M. Rosyidah, N. Khoirunnisa, U. Rofiatin, A. Asnah, A. Andiyan y D. Sari, “Measurement of key performance indicator Green Supply Chain Management (GSCM) in palm industry with green SCOR model”, *Mater. Today Proc.*, vol. 63, suppl. 1, pp. S326-S332, 2022, doi: [10.1016/j.matpr.2022.03.158](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.158).
- [4] *Estadística Manufacturera y Maquiladora de Exportación*, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.inegi.org.mx/temas/manufacturasexp/>
- [5] M. H. Islam, “Adopting lean product development in new production system introduction process for sustainable operational performance”, *Int. J. Prod. Manag. Eng.*, vol. 12, n.º 2, 2024, doi: [10.4995/ijpme.2024.20822](https://doi.org/10.4995/ijpme.2024.20822).
- [6] F. Romana, “A Case Study for Management and Industrial Engineering Integration Approach”, *Int. J. Eng. Manag. Humanit. Soc. Sci.*, vol. 4, n.º 2, pp. 6-15, 2023.
- [7] J. Biswas y S. Das, “Industrial Engineering Tools for Productivity Enhancement: An Analytical Review”, *EJAET*, vol. 10, n.º 12, pp. 51-59, 2023.
- [8] N. Jamil, H. Gholami, M. Z. M. Saman, D. Streimikiene, S. Sharif y N. Zakuan, “DMAIC-based approach to sustainable value stream mapping: towards a sustainable manufacturing system”, *Economic Research-Ekonomika Istraživanja*, vol. 33, n.º 1, pp. 331-360, 2020, doi: [10.1080/1331677X.2020.1715236](https://doi.org/10.1080/1331677X.2020.1715236).
- [9] J. Singh, H. Singh y A. Kumar, “Impact of lean practices on organizational sustainability through green supply chain management—an empirical investigation”, *Int. J. Lean Six Sigma*, vol. 11, n.º 6, pp. 1035-1068, 2020, doi: [10.1108/IJLSS-06-2017-0068](https://doi.org/10.1108/IJLSS-06-2017-0068).
- [10] J. S. Toussaint, J. R. Griffith y S. M. Shortell, “Lean, Shingo, and the Baldrige framework: a comprehensive method to achieve a continuous-improvement management system”, *NEJM Catal Innov Care Deliv*, vol. 1, n.º 3, 2020, doi: [10.1056/CAT.20.0114](https://doi.org/10.1056/CAT.20.0114).
- [11] H. Small, “Co-citation in the scientific literature: A new measure of the relationship between two documents”, *JASIST*, vol. 24, n.º 4, pp. 265-269, 1973, doi: [10.1002/asi.4630240406](https://doi.org/10.1002/asi.4630240406).
- [12] H. Pérez y G. Merino, “Bibliometría: herramienta para la identificación, distribución y evolución de la literatura científica”, *Anuario del centro de la UNED de Calatayud*, vol. 26, pp. 151-165, 2020.
- [13] S. Miguel, F. Moya-Anegón y V. Herrero-Solana, “El análisis de co-citas como método de investigación en Bibliotecología y Ciencia de la Información”, *Investig. bibl.*, vol. 21, n.º 43, pp. 139-155, 2007.
- [14] J. L. García-Alcaraz, A. S. Morales, J. R. Díaz-Reza, E. Jiménez, C. F. Javierre y J. Blanco, “Effect of lean manufacturing tools on sustainability: the case of Mexican maquiladoras”, *Environ Sci Pollut Res*, vol. 29, n.º 26, pp. 39622-39637, 2022, doi: [10.1007/s11356-022-18978-6](https://doi.org/10.1007/s11356-022-18978-6).
- [15] B. Logesh y M. Balaji, “Experimental investigations to deploy green manufacturing through reduction of waste using lean tools in electrical components manufacturing company”, *Int. J. of Precis. Eng. and Manuf.-Green Tech.*, vol. 8, n.º 2, pp. 365-374, 2021, doi: [10.1007/s40684-020-00216-4](https://doi.org/10.1007/s40684-020-00216-4).
- [16] M. Balaji, B. Logesh y R. Prabhu, “Enhancing Effective Industrial Sustainability through Green Manufacturing Practices by Waste Reduction using Lean Tools in Manufacturing Sector via Productivity Improvement, Economic and Enviro-Economic Perspective”, *NeuroQuantology*, vol. 20, n.º 10, pp. 4304-4322, 2020, doi: [10.14704/nq.2022.20.10.NQ55418](https://doi.org/10.14704/nq.2022.20.10.NQ55418).

- [17] A. J. Naeemah y K. Y. Wong, "Positive impacts of lean manufacturing tools on sustainability aspects: a systematic review", *J. Ind. Prod. Eng.*, vol. 39, n.º 7, pp. 552-571, 2022, doi: [10.1080/21681015.2022.2041742](https://doi.org/10.1080/21681015.2022.2041742).
- [18] J. R. Díaz-Reza, J. L. García-Alcaraz, L. J. Márquez, R. Puig i Vidal y J. C. Sáenz Diez, "Relationship between lean manufacturing tools and their sustainable economic benefits", *Int J Adv Manuf Technol*, vol. 123, n.º 3, pp. 1269-1284, 2022, doi: [10.1007/s00170-022-10208-0](https://doi.org/10.1007/s00170-022-10208-0).
- [19] L. J. Márquez *et al.*, "Measuring Impact of Lean Manufacturing Tools for Continuous Improvement on Economic Sustainability. *J. Syst. Sci. Syst. Eng.*", vol. 33, n.º 4, pp. 452-474, 2024, doi: [10.1007/s11518-023-5588-2](https://doi.org/10.1007/s11518-023-5588-2).
- [20] J. A. Botín y M. A. Vergara, "A cost management model for economic sustainability and continuous improvement of mining operations", *Resour. Policy*, vol. 46, pp. 212-218, 2015.
- [21] A. P. Menon *et al.*, "Quality control tools and digitalization of real-time data in sustainable manufacturing", *Int J Interact Des Manuf*, pp. 1-13, 2022, doi: [10.1007/s12008-022-01054-1](https://doi.org/10.1007/s12008-022-01054-1).
- [22] D. Medyński *et al.*, "Digital standardization of lean manufacturing tools according to Industry 4.0 concept", *Appl. Sci.*, vol. 13, n.º 10, p. 6259, 2023, doi: [10.3390/app13106259](https://doi.org/10.3390/app13106259).
- [23] F. B. Yeni, B. Gürsoy, B. M. Kayhan y G. Özçelik, "Achieving tractable and reliable agriculture supply chain operations through Industry 4.0 tools to support Lean Six Sigma application", *Int. J. Ind. Eng. Oper. Manag.*, vol. 7, n.º 2, pp. 117-149, 2025, doi: [10.1108/IJIEOM-05-2024-0029](https://doi.org/10.1108/IJIEOM-05-2024-0029).
- [24] M. C. Zizic, M. Mladineo, N. Gjeldum y L. Celent, "From industry 4.0 towards industry 5.0: A review and analysis of paradigm shift for the people, organization and technology", *Energies*, vol. 15, n.º 14, p. 5221, 2022, doi: [10.3390/en15145221](https://doi.org/10.3390/en15145221).
- [25] B. S. Silvestre, M. E. Silva, A. Cormack y A. M. T. Thome, "Supply chain sustainability trajectories: learning through sustainability initiatives", *Int. J. Oper. Prod. Manag.*, vol. 40, n.º 9, pp. 1301-1337, 2020, doi: [10.1108/IJOPM-01-2020-0043](https://doi.org/10.1108/IJOPM-01-2020-0043).
- [26] P. C. Berardi y R. P. de Brito, "Supply chain collaboration for a circular economy-From transition to continuous improvement", *J. Clean. Prod.*, vol. 328, p. 129511, 2021, doi: [10.1016/j.jclepro.2021.129511](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129511).
- [27] J. Frick, "Future of Industrial Asset Management: A Synergy of Digitalization, Digital Twins, Maintenance 5.0 / Quality 5.0, Industry 5.0 and ISO55000", *Int. J. Bus. Mark. Manag.*, vol. 8, n.º 4, pp. 93-99, 2023.
- [28] V. Barinua y S. Apochi, "Continuous improvement and competitive advantage: theoretical paper", *RJMP*, vol. 2, n.º 4, 7674, abr. 2022.

RECONOCIMIENTOS

Se agradece el financiamiento a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) para realizar este estudio con el programa de estancias posdoctorales.