

Artículo de Investigación

La robótica industrial como un motor de innovación y productividad: un estudio bibliométrico

Industrial robotics as a driver of innovation and productivity: a bibliometric study

Ángel Yasmil Echeverría Guzmán¹: Universidad Bolivariana del Ecuador, Ecuador.

ayecheverriag@ube.edu.ec

Ennio Jesús Mérida Córdova: Universidad Bolivariana del Ecuador, Ecuador.

ejmeridac@ube.edu.ec

Fecha de Recepción: 02/08/2025

Fecha de Aceptación: 03/09/2025

Fecha de Publicación: 08/09/2025

Cómo citar el artículo

Echeverría-Guzmán, A. y Mérida, E. (2025). La robótica industrial como un motor de innovación y productividad: un estudio bibliométrico [Industrial robotics as a driver of innovation and productivity: a bibliometric study]. *European Public & Social Innovation Review*, 10, 01-14. <https://doi.org/10.31637/epsir-2025-2394>

Resumen

Introducción: La robótica industrial ha experimentado un crecimiento exponencial en las últimas décadas, transformando los procesos productivos en diversos sectores. **Objetivo:** La presente investigación tiene como propósito analizar la producción científica sobre robótica industrial y su impacto en la innovación y el aumento de la productividad en el contexto de la Industria 4.0, mediante un estudio bibliométrico de publicaciones indexadas en Scopus entre 1985 y 2024. **Metodología:** Se contó con un diseño metodológico de tipo documental, donde la revisión de la literatura se desarrolló en dos fases, la primera: análisis bibliométrico de la categoría “robótica industrial” y la segunda, establecer los resultados de mayor impacto. **Resultados:** Se evidencia que, aunque los avances tecnológicos ofrecen mejoras significativas en la gestión de recursos y la productividad, también enfrentan retos y desafíos en su implementación debido a los altos costos y la complejidad técnica. **Conclusiones:** Las proyecciones sugieren que las tecnologías emergentes aumentarán su adopción en los próximos años, facilitando la trazabilidad y seguridad en la cadena de suministros. los

¹ Autor Correspondiente: Ángel Yasmil Echeverría Guzmán. Universidad Bolivariana del Ecuador (Ecuador).

estudios muestran que, la adopción de estas innovaciones representa un paso de suma importancia hacia una industria más eficiente y sostenible, aunque requiere estrategias inclusivas para superar las barreras actuales.

Palabras clave: robótica industrial; innovación; productividad; producción científica; procesos productivos; tecnologías emergentes; industria 4.0; sostenible.

Abstract

Introduction: Industrial robotics has experienced exponential growth in recent decades, transforming production processes across various sectors. **Objective:** This research aims to analyze the scientific output on industrial robotics and its impact on innovation and productivity growth within the context of Industry 4.0, through a bibliometric study of publications indexed in Scopus between 1985 and 2024. **Methodology:** A documentary research design was used, with the literature review carried out in two phases: first, a bibliometric analysis of the “industrial robotics” category, and second, the identification of the most impactful results. **Results:** It is evident that, although technological advances offer significant improvements in resource management and productivity, they also face challenges in their implementation due to high costs and technical complexity. **Conclusions:** Projections suggest that emerging technologies will increase their adoption in the coming years, facilitating traceability and security within supply chains. Studies show that the adoption of these innovations represents a crucial step toward a more efficient and sustainable industry, although inclusive strategies are required to overcome current barriers.

Keywords: industrial robotics; innovation; productivity; scientific production; production processes; emerging technologies; Industry 4.0; sustainability.

1. Introducción

En las últimas décadas del Siglo XX y las iniciales del Siglo XXI, a escala mundial, la tecnología ha adquirido un desarrollo exponencial, transformando diversos procesos en numerosos sectores. La Inteligencia Artificial (IA), el Internet de las Cosas (IoT), la automatización, la robótica, la impresión 3D y el Big Data son algunas de las tecnologías mayormente utilizadas en diversos tipos de industria, las cuales, como manifiestan Maier (2017), McKinsey Global Institute (2020), Echeverría y Gómez (2024), se clasifican de acuerdo a:

- Al sector económico al que pertenecen, tales como la Industria alimentaria, Industria textil, Industria química, Industria siderúrgica, Industria militar, Industria cementera, Industria turística, Industria forestal, Industria automovilística;
- Al tipo de productos que fabrican, así se tiene la Industria de bienes de producción, Industria de bienes de capital, Industria de bienes de consumo, Industria de equipo, Industria de base, o;
- Al proceso que realizan, por lo que se cuenta con la industria extractiva, Industria manufacturera, Industria energética.

La cuarta revolución industrial, también conocida como la Industria 4.0, está innovando extremadamente la forma en que las industrias accionan y compiten en el mercado. De acuerdo con Aripin *et al.* (2019) la industria 4.0 se caracteriza por la combinación de tecnologías avanzadas entre las que se cuentan la inteligencia artificial (IA), el internet de las cosas (IoT), la *big data*, la robótica, entre otras que, prometen mejorar la eficiencia, la calidad y la sostenibilidad de las empresas, además de generar nuevas oportunidades de producción.

Entre los factores tecnológicos antes mencionados, la robótica industrial es conceptualizada por los autores Crandall *et al.* (2005), como el uso de dispositivos mecánicos programables capacitados para realizar una variedad de tareas, desde la manipulación de materiales hasta la soldadura y el ensamblaje, ha demostrado ser un motor de innovación y crecimiento en la industria.

A medida que la tecnología continúa avanzando, se puede esperar ver una adopción aún mayor de robots en diversos sectores (Fern *et al.*, 2011), pues su integración en las líneas de producción de las industrias ha revolucionado la manera en que se fabrican productos. Es así como desde la automatización de tareas repetitivas hasta la ejecución de sistemas de producción la robótica ha demostrado ser una herramienta invaluable para aumentar la eficiencia, la calidad y la productividad (Jian *et al.*, 2000).

Desde la perspectiva histórica, se podrían resumir las posturas de algunos autores, entre ellos Craig (1986); Critchlow (1985); Cagy y Page (1984), quienes manifiestan que los orígenes de la robótica industrial se remontan a mediados del siglo XX, con la creación del primer brazo robótico programable por George Devol y Joseph Engelberger. Desde entonces, la tecnología ha evolucionado rápidamente, impulsada por avances en microelectrónica, informática y materiales. Sin embargo, dicho término no fue acuñado por los autores antes mencionado, sino por Isaac Asimov (1942), quien la definió como la ciencia que estudia a los robots. El cual también manifestó las tres leyes de la robótica.

Sintetizando la historicidad de la robótica, se pueden tomar los aportes de Sadik y Urban, (2017), los cuales presentan una breve e importante reseña:

- Primera generación (1960-1970): Surgimiento de los primeros robots industriales, grandes y pesados, diseñados para tareas repetitivas en entornos controlados.
- Segunda generación (1970-1980): Desarrollo de robots más versátiles y programables, con mayor capacidad de movimiento y sensores.
- Tercera generación (1980-presente): Integración de tecnologías como la visión artificial, la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, permitiendo a los robots realizar tareas más complejas y adaptarse a entornos cambiantes.
- Cuarta generación (presente y futuro): Los robots colaborativos (cobots) y los sistemas autónomos están revolucionando la industria, trabajando de forma segura junto a los humanos y tomando decisiones de manera independiente.

Todas estas generaciones y grandes avances han hecho de la robótica industrial un campo emergente por su carácter multidisciplinario, el cual se nutre de diversas teorías y modelos para su desarrollo. Entre ellos, se tienen:

- A. El modelo de la cinemática y dinámica de robots, la cual tiene como propósito estudiar la geometría del movimiento de los robots y las relaciones entre las posiciones, velocidades y aceleraciones de los eslabones y las articulaciones. Y la dinámica, que analiza las fuerzas y los momentos en los que actúan los robots (Craig, 1986). Todo ello con la firme intención de posibilitar una eficiencia y productividad sin complicaciones en el sector industrial.
- B. El modelo de Control de Robots de Spong *et al.* (2020) enumera tres tipos de control de robots:

- El control clásico utiliza técnicas de control PID y otras estrategias para controlar la posición, velocidad y fuerza de los robots.
 - El control moderno que emplea modelos matemáticos más complejos y técnicas de control óptimo para obtener un mejor desempeño y;
 - El control adaptativo que permite que los robots ajusten sus parámetros de control en tiempo real para adaptarse a cambios en el entorno o en la carga.
- C. El modelo de la percepción y sensorica de Corke (2017), propone una visión artificial que permite a los robots "ver" su entorno y tomar decisiones basadas en la información visual. Los sensores de fuerza que proporcionan información sobre las fuerzas que actúan sobre el robot, lo que es fundamental para tareas como el ensamblaje y la manipulación de objetos deformables y otros sensores, táctiles, de proximidad, etc., que proporcionan información adicional sobre el entorno.
- D. Por otro lado, el modelo de la planificación de trayectorias y movimiento señalado por LaValle (2006), incluye la planificación de trayectorias, la cual determina la secuencia de movimientos que debe realizar el robot para alcanzar un objetivo; y la planificación de movimiento, con la cual se consideran las restricciones físicas del robot y del entorno para generar movimientos suaves y eficientes.
- E. Por su parte el modelo de aprendizaje automático y Robótica de Sutton y Barto (2018), incluye el aprendizaje por refuerzo, permite a los robots aprender a realizar tareas a través de la interacción con su entorno; El aprendizaje profundo, utiliza redes neuronales artificiales para aprender representaciones complejas de datos y realizar tareas como el reconocimiento de objetos y la toma de decisiones.

2. Objetivos

A pesar de la variedad y utilidad de los diferentes modelos y teorías para su aplicación en la industria, la selección de uno de ellos y su uso dependerá exclusivamente del tipo de robot, la aplicación y los objetivos que se pretendan con su diseño.

Por tal razón, la presente investigación tiene como propósito analizar la producción científica sobre robótica industrial y su impacto en la innovación y el aumento de la productividad en el contexto de la Industria 4.0, mediante un estudio bibliométrico de publicaciones indexadas en Scopus entre 1985 y 2024.

3. Metodología

Para dar respuesta al objetivo planteado por los investigadores, la presente investigación contó con un diseño metodológico de tipo documental, donde la revisión de la literatura o estudios bibliográficos contempla un procedimiento formal y riguroso que garantiza la calidad de la información utilizada (Zupic y Čater, 2015).

En cuanto a la ruta metodológica, el estudio contempló dos fases:

- **Fase Uno:** análisis bibliométrico. Primeramente, los investigadores se propusieron realizar un análisis bibliométrico sobre la producción científica en el ámbito de la robótica industrial publicada en la base de datos Scopus, mediante el empleo de la herramienta digital de uso gratuito Biblioshiny del paquete Bibliometrix, desarrollado en el lenguaje de programación R, una solución de software libre que permite realizar análisis bibliométricos avanzados, visualizaciones de datos y mapeo de redes científicas de manera accesible y reproducible (Aria y Cuccurullo, 2017).

La elección de dicha herramienta de código abierto, no solo facilita el acceso a técnicas avanzadas de análisis de datos, sino que también promueve la transparencia y la replicabilidad en la investigación científica, principios fundamentales dentro del desarrollo del conocimiento en la era digital (Donthu *et al.*, 2021).

A fin de establecer una base de datos para el análisis se realizó una búsqueda de publicaciones científicas en Scopus, del nivel de búsqueda avanzada, en base a una ecuación de búsqueda establecida a partir de los términos relacionados con el objeto de la investigación. En este sentido se estableció la siguiente ecuación de búsqueda:

TITLE-ABS-KEY (("robótica industrial" OR "robot industrial" OR "robots industrials" OR "industrial robotics" OR "industrial robot" OR "industrial robots") AND ("automatización" OR "sistemas automatizados" OR "automatización industrial" OR "automation" OR "automated systems" OR "industrial automation") AND ("productividad" OR "eficiencia" OR "rendimiento" OR "productivity" OR "efficiency" OR "performance") AND ("inteligencia artificial" OR "IA" OR "aprendizaje automático" OR "artificial intelligence" OR "AI" OR "machine learning")) AND PUBYEAR > 1984 AND PUBYEAR < 2025

La búsqueda avanzada en Scopus arrojó como resultado un total de 175 publicaciones científicas relacionadas con las palabras claves establecidas, publicaciones comprendidas entre el año 1985 y 2023 tal como la manifiesta la tabla 1.

Tabla 1.

Resumen general de la base de datos obtenida desde Scopus

Main Information			
Timespan 1985:2024	Sources 145	Documents 175	Annual Growth Rate 8.71 %
Authors 593	Authors of single-authored docs 23	International Co-Authorship 15.43 %	Co-Authors per Doc 3.54
Author's Keywords (DE) 511	References 4850	Document Average Age 6.89	Average citations per doc 10.27

Fuente: Bibliometrix (2025)

- **Fase Dos:** establecer los resultados más comunes hallados en la revisión literaria y establecer el impacto que tiene la robótica para el aumento de la producción industrial.

4. Resultados

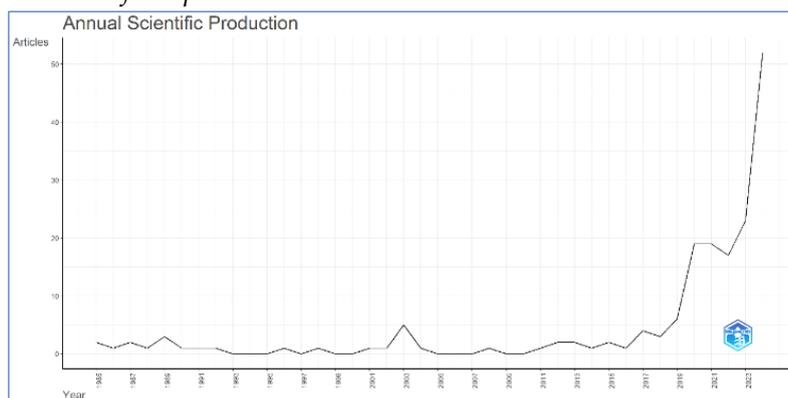
Este apartado se fundamenta con los principales resultados obtenidos una vez implementada la búsqueda de información en la base de datos scopus a través de bibliometrix, por lo que los hallazgos principales fueron los siguientes:

1. El principal hallazgo obtenido en la revisión bibliográfica, tal como lo muestra el gráfico 1, fue encontrar que el primer artículo que trata la robótica industrial fue presentado en la base de indexación scopus y data del año 1985, cuando los investigadores Ludvik y Sasa (1985), llevaron en curso un estudio titulado *Performance analisis of control algorithms for sensor based object reconigtion. Digital techniques in simulation, communication and control*. Esto denota, que la categoría de análisis “robótica industrial” es un tema que ha preocupado a los investigadores durante un buen tiempo, más cuando a partir de la tercera revolución industrial se incorporaron a la manufactura y a la producción, los transistores, los cuales han permitido mejorar la eficiencia y efectividad en la producción.

Sin embargo, es menester indicar otro dato importante del gráfico: las investigaciones en el campo de la robótica industrial han aumentado en el último decenio, esto debido al auge de las TIC, de la automatización, del control numérico computarizado (CNC) de acuerdo con Echeverria y Gómez, y sobre todo el impulso de la Inteligencia artificial (Echeverría *et al.*, 2024), por tal motivo, se entiende que el 2023 haya sido el año que más investigaciones en la categoría robótica industrial se háyase en Scopus, con un total que superaban las cincuenta (50) publicaciones tal como se muestra en la figura 1.

Figura 1.

Flujo de publicaciones científicas por año



Fuente: Bibliometrix (2025).

2. El segundo hallazgo principal de la revisión bibliométrica fue el haber determinado las regiones que más aporte a la ciencia han dado, en cuanto a las investigaciones sobre robótica industrial. Tal como lo indica la figura 1, las principales regiones son Asia y América del Norte. Esto se debe al hecho de que las industria en dichas regiones están procurando mejorar la productividad de las líneas de producción.

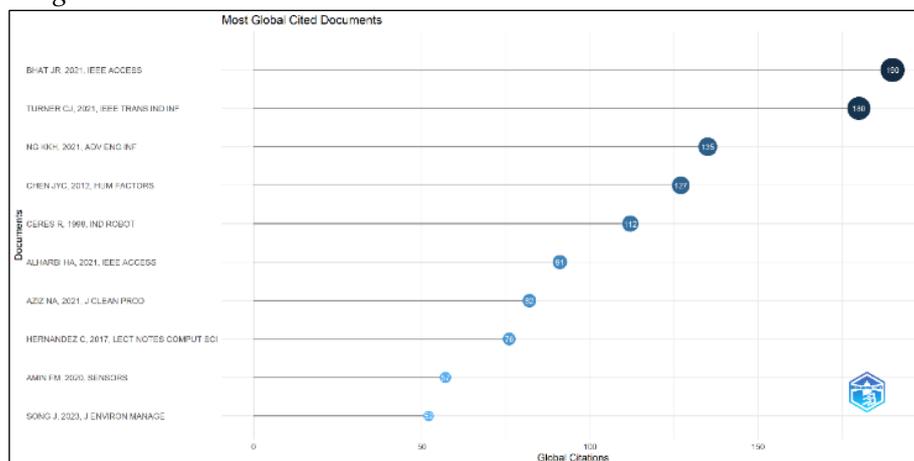
De igual manera, la figura 1 deja entrever algunas regiones que han aportado poco a la temática robótica industrial. Esta situación, puedo ser el resultado de la poca innovación tecnológica y robótica que están llevando a cabo las industrias de dichas regiones. Pues, aunque existe un interés considerable en adoptar estas tecnologías, la industria enfrenta desafíos significativos como la falta de capital, conocimiento técnico y resistencia al cambio (Aripin *et al.*, 2019). Por lo que, se recomiendan estrategias específicas para superar los obstáculos identificados, buscando potenciar la eficiencia operativa y la competitividad en el mercado.

De igual manera, el análisis bibliométrico dejó en evidencia que, como se muestra en la figura 4, los autores de mayor relevancia hasta el año 2023, son de origen asiático Bhat y Alqahtani (2021); Turner *et al.* (2021); Chen y Barnes (2012), esto pone de manifiesto que, aunque no son tan numerosas sus investigaciones en robótica industrial, si tienen un impacto relevante para otras investigaciones.

Esto deja en evidencia que, dicha categoría de análisis está en crecimiento, y dependerá mucho, de la influencia que tenga la robótica en el sector industrial de cada región (Tao *et al.*, 2018). Por lo que, a mayor inversión en la implementación de robots en la manufactura, habrá significativamente un mayor impulso para investigaciones científicas.

Figura 4.

Autores e investigaciones más citadas



Fuente: Bibliometrix (2025).

De la revisión literaria sobre los estudios de mayor impacto y que se muestran en la figura 4, los investigadores llegaron a los siguientes hallazgos respecto al impacto de la robótica industrial:

- a. Factores Impulsores. en este impacto de la robótica se toman en cuenta las consideraciones presentadas por los autores Rashidi *et al.* (2016); Jian *et al.* (2000); Lathan y Tracey (2002), manifiestan:
 - Aumento de la productividad: Los robots industriales pueden realizar tareas repetitivas con mayor precisión y velocidad que los humanos, lo que se traduce en una mayor eficiencia y productividad.
 - Mejora de la calidad: La alta precisión de los robots permite fabricar productos con una calidad más consistente y reducir los defectos.
 - Reducción de costos: A largo plazo, la inversión en robótica industrial puede generar ahorros significativos al reducir los costos de mano de obra y mejorar la eficiencia.
 - Flexibilidad: Los robots modernos son cada vez más flexibles y pueden adaptarse a diferentes tareas y entornos de producción.

- Seguridad: Los robots pueden realizar tareas peligrosas para los humanos, como trabajar con materiales tóxicos o en entornos hostiles.
- b. Desafíos y Tendencias. A pesar de los avances, algunas investigaciones, tales como Linegang, et al. (2006); Trouvain y Wolf (2002), manifiestan que la robótica industrial aún enfrenta desafíos, tales como:
- Programación: La programación de robots requiere conocimientos especializados.
 - Integración: La integración de robots en procesos existentes puede ser compleja.
 - Costos iniciales: La inversión en robótica puede ser elevada, lo que limita su adopción en pequeñas y medianas empresas.
 - Requerimiento de habilidades: La implementación de robots exige personal capacitado para su programación y mantenimiento.
 - Impacto en el empleo: La automatización puede llevar a la pérdida de empleos, generando preocupaciones sociales.

Sin embargo, las tendencias actuales apuntan hacia una mayor adopción de la robótica industrial (Linegang et al., 2006; Trouvain y Wolf, 2002) impulsadas por:

- Co-bots: Robots colaborativos diseñados para trabajar junto a humanos.
 - Inteligencia artificial: La integración de IA permite a los robots tomar decisiones más autónomas.
 - Internet de las cosas: La conexión de robots a redes permite una mayor monitorización y control.
- c. Beneficios de la Robótica Industrial. En cuanto a los beneficios, los autores Wickens y Dixon (2007); Trouvain y Wolf (2002), manifiestan:
- Aumento de la productividad: Los robots pueden trabajar ininterrumpidamente, reduciendo los tiempos de ciclo y aumentando el volumen de producción.
 - Mejora de la calidad: La precisión de los robots garantiza productos de mayor calidad y menor tasa de defectos.
 - Mayor seguridad: Al realizar tareas peligrosas o repetitivas, los robots reducen el riesgo de accidentes laborales.
 - Flexibilidad: Los robots pueden adaptarse fácilmente a diferentes productos y volúmenes de producción.
- d. Tendencias Futuras. Los hallazgos reportados en investigaciones como las de Boschert et al. (2018) y Miller y Parasuraman (2007), manifiestan que:
- Colaboración humano-robot: Los robots colaborativos (cobots) trabajarán cada vez más junto a los humanos, complementando sus habilidades.

- Inteligencia artificial: La integración de la IA permitirá a los robots tomar decisiones más autónomas y adaptarse a entornos cambiantes.
- Robótica en la cadena de suministro: Los robots desempeñarán un papel cada vez más importante en la logística y el transporte.
- Ética en la robótica.
- Futuro de la robótica colaborativa.

Los resultados de este estudio bibliométrico confirman que la robótica industrial ha ganado un espacio destacado en la literatura científica, especialmente desde 2010, impulsada por el auge de tecnologías como la inteligencia artificial y la automatización (Echeverría y Gómez, 2024). Esta tendencia coincide con el avance de la Industria 4.0 y refuerza lo expuesto por autores como Craig (1986) y Sutton y Barto (2018), quienes subrayan el rol transformador de los sistemas robóticos en los procesos productivos.

5. Discusión

Los resultados de este estudio bibliométrico confirman que la robótica industrial ha ganado un espacio destacado en la literatura científica, especialmente desde 2010, impulsada por el auge de tecnologías como la inteligencia artificial y la automatización (Echeverría y Gómez, 2024). Esta tendencia coincide con el avance de la Industria 4.0 y refuerza lo expuesto por autores como Craig (1986) y Sutton y Barto (2018), quienes subrayan el rol transformador de los sistemas robóticos en los procesos productivos.

El liderazgo de Asia y América del Norte en producción científica evidencia una correlación entre desarrollo tecnológico y capacidad investigativa (Tao *et al.*, 2018), mientras que otras regiones presentan menor participación, en línea con los obstáculos señalados por Aripin *et al.* (2019): limitaciones financieras, técnicas y de capital humano.

A nivel temático, la robótica industrial se vincula estrechamente con productividad, eficiencia, automatización y colaboración humano-robot (Chen y Barnes, 2012; Corke, 2017), lo que refuerza su carácter interdisciplinar y su necesidad de integrarse con tecnologías complementarias. Asimismo, los estudios más citados (Bhat y Alqahtani, 2021; Turner *et al.*, 2021) respaldan su impacto positivo en la calidad, seguridad y reducción de costos operativos, aunque reconocen desafíos como los altos costos iniciales y el impacto en el empleo (Linegang *et al.*, 2006; Trouvain y Wolf, 2002).

Finalmente, las tendencias apuntan hacia una robótica más autónoma y colaborativa, con énfasis en la inteligencia artificial y la trazabilidad en cadenas de suministro (Boschert *et al.*, 2018). Estos hallazgos no solo validan los objetivos de esta investigación, sino que evidencian que la robótica industrial es un pilar estratégico en la transformación hacia una industria más innovadora y sostenible.

6. Conclusiones

De la revisión literaria, los investigadores llegaron a las siguientes conclusiones:

1. La implementación de robots colaborativos en la industria puede tener un impacto positivo en la satisfacción laboral de los trabajadores si se gestiona de manera adecuada. Es fundamental que las empresas adopten un enfoque holístico que considere tanto los aspectos técnicos como los sociales de la automatización. Al invertir en capacitación, comunicación y diseño de trabajo, las empresas pueden aprovechar los beneficios de los cobots y crear un entorno de trabajo más seguro, eficiente y gratificante para sus empleados. Como ya se hizo referencia, con anterioridad, sobre los efectos positivos potenciales de la robótica industrial, al detalle se pueden mencionar:
 - Liberación de tareas repetitivas y peligrosas: Los cobots pueden asumir tareas monótonas y potencialmente peligrosas, permitiendo a los trabajadores enfocarse en actividades que requieren mayor habilidad, creatividad y resolución de problemas. Esto puede llevar a una mayor satisfacción laboral al reducir el estrés y el aburrimiento.
 - Mejora de las condiciones de trabajo: Al trabajar junto a los cobots, los trabajadores pueden experimentar una reducción de las lesiones laborales y una mejora en la ergonomía, lo que puede contribuir a una mayor satisfacción.
 - Aumento de la eficiencia y productividad: La automatización de procesos con cobots puede aumentar la eficiencia y la productividad de las empresas, lo que puede generar un ambiente de trabajo más dinámico y gratificante.
 - Nuevas oportunidades de aprendizaje: La introducción de cobots requiere la capacitación de los trabajadores en nuevas habilidades, lo que puede fomentar el desarrollo profesional y aumentar la satisfacción laboral.

2. Sin embargo, las investigaciones revisadas también arrojaron resultados no tan favorables y mencionaban algunos efectos negativos potenciales, tales como:
 - Miedo a la pérdida de empleo: La automatización puede generar incertidumbre y ansiedad entre los trabajadores, quienes pueden temer perder sus empleos a causa de los robots.
 - Cambio en las dinámicas laborales: La introducción de cobots puede alterar las relaciones laborales y las estructuras organizacionales, lo que puede generar estrés y resistencia al cambio.
 - Falta de preparación: Si los trabajadores no reciben la capacitación adecuada para trabajar con cobots, pueden sentirse frustrados y desmotivados.

La integración de la robótica en nuestra sociedad es un proceso inevitable que traerá consigo cambios profundos. Para aprovechar al máximo las oportunidades que ofrece esta tecnología y mitigar sus riesgos, es fundamental abordar los desafíos de manera proactiva y colaborativa. La sociedad, los gobiernos, las empresas y los investigadores deben trabajar juntos para construir un futuro en el que la robótica sirva para mejorar la vida de todos. Por tal consideración, los investigadores recomiendan:

- Adaptar los sistemas educativos para formar a la fuerza laboral del futuro, que deberá ser capaz de trabajar junto a los robots y desarrollar habilidades complementarias a la automatización.

- Los gobiernos deben establecer marcos regulatorios claros para garantizar un desarrollo responsable de la robótica y mitigar sus impactos negativos.
- Fomentar la investigación en áreas como la inteligencia artificial, la ética y la seguridad para garantizar que la robótica se desarrolle de manera beneficiosa para la sociedad.

7. Referencias

- Aria, M. y Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Aripin, I. D. M., Zawawi, E. M. A. y Ismail, Z. (2019). Factors influencing the implementation of technologies behind industry 4.0 in the Malaysian construction industry. MATEC Web of Conferences, 266. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201926601006>
- Bhat, J. R. y Alqahtani, S. A. (2021). *6G Ecosystem: Current status and future perspective*. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3054833>
- Boschert, S., Heinrich, C. y Rosen, R. (2018). Next generation digital twin. En *Libro de Actas TMCE, Las Palmas de Gran Canaria, Spain* (pp. 209-218). <https://acortar.link/ZppFUz>
- Chen, J. Y. C. y Barnes, M. J. (2012). Supervisory control of multiple robots: effects of imperfect automation and individual differences. *Human Factors*, 54(2), 157-174. <https://doi.org/10.1177/0018720811435843>
- Corke, P. I. (2017). *Robotics, vision and control: fundamental algorithms in MATLAB® and Python*. Springer.
- Craig, J. J. (1986). *Introduction to robotics: mechanics and control*. Addison-Wesley
- Crandall, J., Goodrich, M., Olsen, D. y Nielsen, C. (2005). Validating human-robot interaction schemes in multitasking environments. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part A, Systems and Humans*, 35(4), 438-449. <https://doi.org/10.1109/TSMCA.2005.850587>
- Critchlow, R.H. (1985). *Introduction to Robotics*. McMillan Publishing Company.
- Cugy, A. y Page, K. (1984). *Industrial Robot Specifications*. Kogan Page.
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N. y Lim, W. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285-296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- Echeverria, A. y Gómez, V. (2024). *Training program in computer numerical control to strengthen professional competencies in technical university education*. 22nd LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: Sustainable Engineering for a Diverse, Equitable, and Inclusive Future at the Service of Education, Research, and Industry for a Society 5.0. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2024.1.1.1512>

- Echeverria, A., Gómez, V., Valderrey, M. y Tolozano, G. (2024). *Industry and Artificial Intelligence Innovative Challenges for University Academic Management*. 4th LACCEI International Multiconference on Entrepreneurship, Innovation and Regional Development - LEIRD 2024. <https://dx.doi.org/10.18687/LEIRD2024.1.1.659>
- Fern, L., Shively, R. J., Draper, M. H., Cooke, N. J., Oron-Gilad, T. y Miller, C. A. (2011). *Human-automation challenges the control of unmanned aerial systems*. En Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 55th Annual Meeting (pp. 424-428). Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.
- Jian, J., Bisantz, A. y Drury, C. (2000). Foundations for an empirically determined scale of trust in automated systems. *International Journal of Cognitive Ergonomics*, 4(1), 53-71. https://doi.org/10.1207/S15327566IJCE0401_04
- Lathan, C. y Tracey, M. (2002). The effects of operator spatial perception and sensory feedback on human-robot teleoperation performance. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 11(4), 368-377. <https://doi.org/10.1162/105474602760204282>
- LaValle, S. M. (2006). *Planning Algorithms*. Cambridge University Press.
- Linegang, M., Stoner, H., Patterson, M., Seppelt, B., Hoffman, J., Crittendon, Z. y Lee, J. (2006). *Human-automation collaboration in dynamic mission planning: A challenge requiring an ecological approach*. En Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 50th Annual Meeting (pp. 2482-2486). Human Factors and Ergonomics Society. <https://acortar.link/fRCHAf>
- Ludvik, G. y Sasa, P. (1985). *Performance analysis of control algorithms for sensor-based object recognition. Digital techniques in simulation, communication and control*. Proceedings of the IMACS, European Meeting, 471-475.
- Maier, J. (2017). Made smarter review, UK department for business, energy and industrial strategy. <https://assets.publishing.service.gov.uk/>
- McKinsey Global Institute. (2020). *Reinventing construction through a productivity revolution*. <https://acortar.link/weRGhi>
- Miller, C. y Parasuraman, R. (2007). Designing for flexible interaction between humans and automation: Delegation interfaces for supervisory control. *Human Factors*, 49(1), 57-75. <https://doi.org/10.1518/001872007779598037>
- Rashidi, A., Sigari, M., Maghiar, M. y Citrin, D., (2016). An analogy between various machine-learning techniques for detecting construction materials in digital images. *KSCE Journal Civil Engineering*, 20(4), 1178-1188. <https://doi.org/10.1007/s12205-015-0726-0>
- Sadik, A. R. y Urban, B. (2017). Flow Shop Scheduling Problem and Solution in Cooperative Robotics – Case-Study: One Cobot in Cooperation with One Worker. *Future Internet*, 9(3), 48. <https://doi.org/10.3390/fi9030048>
- Spong, M., Hutchinson, S. y Vidyasagar, M. (2020). *Robot modeling and control*. Ediciones VILEY.
- Sutton, R. S. y Barto, A. G. (2018). *Reinforcement learning: an introduction*. MIT Press.

- Tao, J. C., Qi, Q., Zhang, M., Zhang, H. y Sui, F. (2018). Digital twindriven product design, manufacturing and service with big data. *Journal Advance Manufactur Technology*, 94(9-12), 3563–3576. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0233-1>
- Trouvain, B. y Wolf, H. (2002). *Evaluation of multi-robot control and monitoring performance*. Proceedings of the ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction, 9-16. <https://doi.org/10.1145/1228716.122871>
- Turner, C. J., Oyekan, J., Stergioulas, L. y Griffin, D. (2021). Utilizing industry 4.0 on the construction site: challenges and opportunities. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(2). <https://doi.org/10.1109/TII.2020.3002197>
- Wickens, C. D. y Dixon, S. R. (2007). The benefits of imperfect diagnostic automation: A synthesis of literature. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 8(3), 201-212. <https://doi.org/10.1080/14639220500370105>
- Zupic, I. y Čater, T. (2015). Bibliometric methods in management and organization. *Organizational research methods*, 18(3), 429-472. <https://doi.org/10.1177/1094428114562629>

CONTRIBUCIONES DE AUTORES/AS, FINANCIACIÓN Y AGRADECIMIENTOS

Contribuciones de los/as autores/as:

Conceptualización: Ángel Yasmil Echeverría Guzmán y Ennio Jesús Mérida Córdoba
Análisis formal: Ángel Yasmil Echeverría Guzmán y Ennio Jesús Mérida Córdoba
Curación de datos: Ángel Yasmil Echeverría Guzmán y Ennio Jesús Mérida Córdoba
Redacción-Preparación del borrador original: Ángel Yasmil Echeverría Guzmán y Ennio Jesús Mérida Córdoba
Redacción-Revisión y Edición: Ángel Yasmil Echeverría Guzmán y Ennio Jesús Mérida Córdoba
Visualización: Ángel Yasmil Echeverría Guzmán y Ennio Jesús Mérida Córdoba
Supervisión: Ángel Yasmil Echeverría Guzmán y Ennio Jesús Mérida Córdoba
Administración de proyectos: Ángel Yasmil Echeverría Guzmán y Ennio Jesús Mérida Córdoba
Todos los/as autores/as han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito: Ángel Yasmil Echeverría Guzmán y Ennio Jesús Mérida Córdoba.

Financiación: Esta investigación no recibió financiamiento externo.

AUTORES:

Ángel Yasmil Echeverría Guzmán: Universidad Bolivariana del Ecuador, Ecuador.
ayecheverriag@ube.edu.ec

Ennio Jesús Mérida Córdoba: Universidad Bolivariana del Ecuador, Ecuador.
ejmeridac@ube.edu.ec

