

# Estudio cuantitativo y bibliométrico como instrumento de análisis de tendencias en educación superior. Caso ingeniería industrial y programas afines

## Scientometric and bibliometric study as an instrument of trend analysis in higher education. Case industrial engineering and related programs

MONSALVE Fonnegra, Gisela P.<sup>1</sup>  
ECHAVARRÍA Cuervo, Jacobo H.<sup>2</sup>  
ALVAREZ Gallo, Sandra M.<sup>3</sup>

### Resumen

Se presenta un análisis cuantitativo y bibliométrico de la producción científica en Ingeniería Industrial y programas afines a nivel mundial. En el estudio, se plantearon ecuaciones de búsqueda utilizando combinaciones entre palabras clave y empleando operadores booleanos y de proximidad. Los temas seleccionados son investigación de operaciones, logística, manufactura e industria 4.0. El resultado principal es la determinación de tópicos relevantes de tendencia mundial en las categorías objeto de estudio, a partir de los cuales se identifican posibles líneas de investigación y estrategias de mejora en procesos misionales en dos instituciones de educación superior en Colombia, además de ayudar en la selección de variables exactas para un modelo de productividad en industrias 4.0.

**Palabras clave:** industria 4.0, investigación de operaciones, logística, manufactura

### Abstract

A scientometric and bibliometric analysis of scientific production in Industrial Engineering and related programs worldwide is presented. In the study, search equations were proposed using combinations between keywords and using Boolean and proximity operators. The selected topics are operations research, logistics, manufacturing and industry 4.0. The main result is the determination of relevant topics worldwide trend in the categories under study, from which the lines of research and the improvement strategies in missionary processes in two higher education institutions in Colombia are identified, in addition to assisting in the selection of exact variables for a productivity model in industries 4.0.

**Key words:** 4.0 industry, operations research, logistics, manufacturing

---

<sup>1</sup>Docente Ocasional Tiempo completo. Departamento de Calidad y Producción. Instituto Tecnológico Metropolitano ITM. giselamonsalve0706@correo.itm.edu.co

<sup>2</sup>Docente Tiempo Completo. Departamento de Diseño y Producción. Institución Universitaria Pascual Bravo. jacoboechavarria@pascualbravo.edu.co

<sup>3</sup>Docente Ocasional Tiempo Completo. Departamento de Diseño y Producción. Institución Universitaria Pascual Bravo. sandra.alvarezga@pascualbravo.edu.co

---

## 1. Introducción

La ingeniería es una profesión en la cual los conocimientos en matemáticas y ciencias naturales, adquiridos a través de procesos formativos y experienciales, se aplican metódicamente con el objetivo de generar soluciones plausibles a las necesidades y problemáticas de la humanidad, según lo describen (Baca et al., 2014).

Igualmente, la ingeniería industrial es la disciplina de la ingeniería con mayor población de estudiantes a nivel mundial, de acuerdo con estadísticas de inicios de siglo. Sus principios fundamentales están vigentes en los contenidos curriculares, hoy en día continúan en el proceso de enseñanza-aprendizaje temas como estudio del trabajo, sistemas productivos y distribución en planta; asimismo, las universidades e instituciones de educación superior (IES) se han preocupado por darle a la profesión un enfoque moderno mediante la inserción de software especializado en los procesos cognitivos. Por eso, Baca et. al, (2014) afirman que en la actualidad el principal atributo de la ingeniería industrial “es el incremento increíble en la velocidad con la que se ejecutan la mayoría de las actividades de las industrias, desde la compra de materia prima hasta la entrega del producto final” (p.8).

Ahora bien, los administradores educativos cuentan con la Bibliometría, Cienciometría e Infometría como formas de conocer las tendencias académicas a nivel mundial para una profesión o programa académico específico, con el objetivo de mejorar sus procesos de enseñanza aprendizaje; estudios que son complementarios a las necesidades empresariales de una región y las fortalezas internas de la institución educativa.

En base a lo anterior, es importante el uso de la bibliometría, cienciometría e infometría como métodos sistemáticos y confiables para evaluar una rama del conocimiento porque permiten evidenciarle a la sociedad los aportes que desde ese saber se originan. De acuerdo con lo descrito por Vanti (2000), apoyándose en Tague y Sutckiffe, define Cienciometría como una disciplina que estudia los indicadores cuantitativos de un tema específico y trata de medir el crecimiento de la producción científica más la productividad de los investigadores entorno a un tema en particular. Complementariamente, la bibliometría es una “disciplina instrumental de la Bibliotecología, aporta los elementos cuantitativos necesarios para la organización y dirección eficaz de bibliotecas, así como la evaluación del efecto de su actividad en la sociedad” según lo determinan (Canales & Mesa, 2002, p.6).

El origen de este escrito es el proyecto de investigación titulado *identificación de líneas de investigación para los programas de ingeniería industrial y afines*, el cual incluye un estudio sobre las necesidades empresariales en la región, un análisis de fortalezas internas de la IES y contempla el análisis cienciométrico y bibliométrico de las áreas temáticas manufactura, logística, investigación de operaciones, industria 4.0 y metodologías clásicas; empero, para el caso de estudio específico se delimita el análisis cienciométrico y bibliométrico a los primeros cuatro temas.

La manufactura según Negron (2009) hace referencia al “proceso o mecanismo por medio del cual el cliente y /o insumos (materia prima) se convierten o transforman para generar bienes tangibles para el consumo de los clientes que demandan estos bienes” (p.15); del mismo modo, adopta la generación de bienes intangibles convirtiéndose en manufactura como servicio (Arévalo et al., 2018).

Una de las formas de gestionar procesos en operaciones de manufactura y servicios es la investigación de operaciones, herramienta dominante e indispensable para tomar decisiones, donde el principal elemento es el modelado matemático, cuya solución establece una base para tal objetivo (Taha, 2004). Otras herramientas para el mejoramiento continuo son las metodologías clásicas, las cuales incluyen además de recursos físicos, el análisis de variables blandas, asociadas al comportamiento humano, lo cual es validable en las investigaciones de (Beltrán & Soto, 2017).

Transversal a la gestión de operaciones de manufactura y servicios se encuentra como aspecto fundamental en el funcionamiento organizacional la logística, que esencialmente brinda una orientación de planificación y un marco que busca crear un plan único para el flujo de productos e información a través de un negocio.

Por otra parte, la industria 4.0 se define como la integración de sistemas tecnológicos dentro de un espacio de manufactura o servicios, que permiten la combinación de personas y máquinas con objetos e información, convirtiéndose así en la manera digitalizada de comunicar e interactuar con sistemas complejos de producción, generando impacto positivo a la cadena de valor y a los modelos de negocio cada vez más globalizados y automatizados (Prause & Weigand, 2016).

Es por lo anterior, que las profesiones similares a la ingeniería industrial deben alinarse desde el entorno académico, social y empresarial con las nuevas tecnologías para que sus egresados y profesionales estén en avanzada mundial en la resolución de las necesidades de la sociedad.

Así pues, el estudio realizado tiene por objetivo determinar los tópicos de vanguardia a nivel mundial a partir del análisis cuantitativo y bibliométrico; de tal manera, que estos apoyen la formulación de una línea de investigación que articule los programas de Ingeniería Industrial y Tecnología en Producción Industrial en una IES de la ciudad de Medellín; además, sean instrumento para proponer estrategias de mejoramiento en los procesos misionales de los programas afines a la ingeniería industrial de la segunda IES participante del proyecto y aporten en la selección de variables exactas que se incluirán en un modelo de productividad de industrias 4.0 como parte de una tesis doctoral.

En los siguientes numerales se encuentra el análisis cuantitativo y bibliométrico realizado. Para cada temática se incluye un análisis de palabras clave, artículos por año, top de publicaciones más influyentes, top revistas por cantidad de artículos. Finalmente se presentan los principales hallazgos para cada temática, las recomendaciones, conclusiones y trabajo futuro.

---

## **2. Metodología**

Para el desarrollo de la investigación se siguieron las etapas de planeación, búsqueda de la información y análisis del estudio, empleadas en la investigación de (Clavijo et al., 2017).

### **2.1. Planeación**

El objetivo y alcance de la investigación fue la realización de un estudio e informe bibliométrico y cuantitativo para el análisis cuantitativo y cualitativo de la producción científica alrededor de ingeniería industrial, permitiendo identificar en qué se está investigando en el tema, de tal manera que la información obtenida pueda fortalecer procesos académicos, de investigación y empresariales.

### **2.2. Búsqueda y recopilación de la información**

#### **2.2.1. Recuperación**

Se escogieron las bases de datos Scopus y Web Of Science, puesto que estas, se emplean como referentes para la medición de la producción científica del mundo en diferentes áreas. La búsqueda estuvo orientada al análisis de los temas concernientes a la ingeniería industrial, por lo que de Google Scholar se seleccionaron una serie de palabras clave iniciales, las cuales se validaron en la base de datos Engineering Village, donde se empleó su buscador de tesauros. Posteriormente, se construyeron las ecuaciones de búsqueda empleando operadores booleanos y de proximidad, empleando como horizonte de tiempo los últimos cinco años.

### 2.2.2. Migración

Se realizó la descarga de los resultados de las búsquedas de la base de datos Scopus en formato CSV para visualizarlos de manera gráfica en el software VOSviewer que permite crear y visualizar redes bibliométricas, en el cual se observan redes de co-citación o relaciones de coautoría, construcción de redes de coocurrencia de palabras clave, entre otros tipos de análisis.

### 2.3. Análisis de tendencias

En el análisis de palabras clave se utilizaron los resultados de búsqueda en formato de archivos CSV, se seleccionaron de los artículos las palabras clave indexadas y se organizaron con el objetivo de verificar la coocurrencia de estas; además, se hizo una depuración de palabras a partir de la revisión de los títulos y resúmenes para verificar la pertinencia de estos con las temáticas estudiadas. Finalmente, se tuvo en cuenta el top 10 de los indicadores cuantitativos para verificar el nivel de producción científica en los cuatro temas de interés, tales como: número de publicaciones por año, principales autores, número de citas, instituciones, revistas, países.

## 3. Resultados

### 3.1. Palabras clave para y en el proceso de búsqueda

En la tabla 1 se observan las palabras clave seleccionadas para el estudio y halladas en la investigación, para los cuatro temas de interés.

**Tabla 1**  
Palabras clave por temática

Key words and synonyms (before)	Palabras clave arrojadas por la investigación
<b>Tema Investigación de operaciones</b>	
Stochastic processes, algorithm, heuristic, metaheuristic, supply chain, manufacture, stochastic artificial bee colony algorithm, genetic algorithm, hybrid tabu search algorithm, supply chain redesign, simulated annealing heuristic, Multiobjective cuckoo search, harmony search algorithm, DEA, green logistic, MOORA method, particle swarm-based approach, flexible job shop scheduling.	Optimización, programación (lineal, lineal de enteros mixta), algoritmos (genéticos, heurísticos, de la colonia de abejas artificiales ABC, aproximados, de programación), cadenas de suministro y gestión de la, toma de decisiones, programación en enteros (PLE), heurística, ciencias de la administración, modelos matemáticos, inteligencia artificial, job shop scheduling problems, optimización combinatoria, análisis de decisión de criterios múltiples, resolución de problemas, sistema de soporte a las decisiones (DSS), métodos heurísticos, ciencias de la computación, fabricación, problemas de optimización y transporte, competitive ratio, computation theory, numerical model y optimal schedule.
<b>Tema Logística</b>	
Green supply chain management, reverse logistics, green logistics, supply chain (integration, collaboration, alliances, management, logistics networks design, service, design), linear programming, operations Research, greening the suppliers, Vehicle Routing Problem, emissions reduction, climate change, network design, fuzzy mathematical programming model, Vehicle Routing, Supply Chain 2.0, quality management, simulation, industry 4.0	Artificial intelligence, decision support systems y green logistics. optimization, supply chain management, reverse logistics, decision making, algorithms, computer simulation, closed-loop supply chain, statistical model, logistic models, inventory control, logistic regression analysis, risk assessment, cost benefit analysis, complex networks, computational results, reverse logistics network, logistic regressions, logistics service provider, ant colony optimization (ACO), computer system recovery, crashworthiness, branch and bound method, computer software, logistics system y cloud computing.



**Top de revistas por cantidad de artículos:** el número de publicaciones entre revistas no muestra mayores diferencias.

**Figura 2**  
Top 10 revistas tema IO

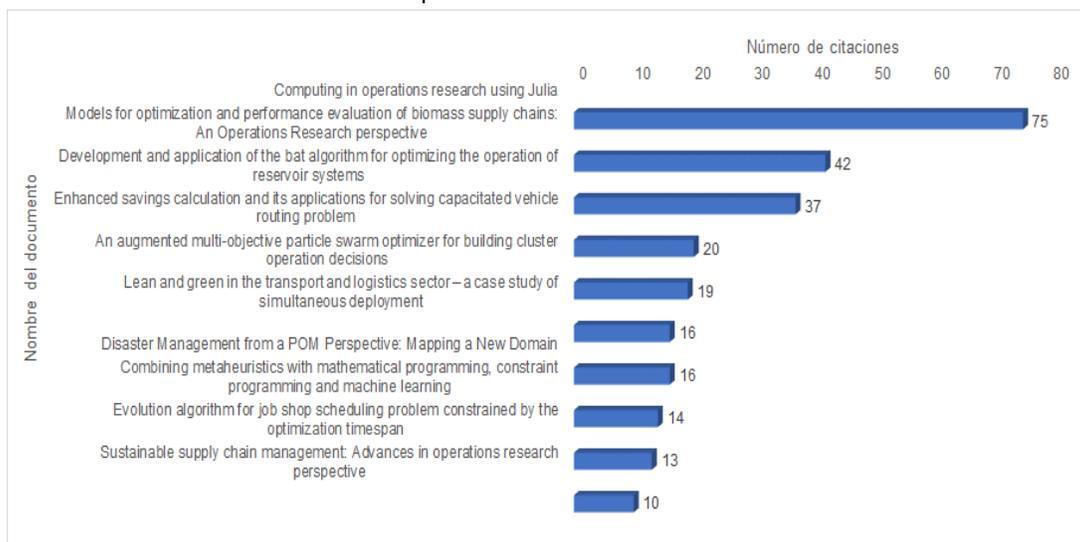


Fuente: propia a partir de Scopus

**Análisis bibliométrico:** la producción de artículos en IO fue estable entre 2013 y 2015, el pico más alto en cuanto a publicaciones es de 32 en 2015. Finalmente, entre 2016 y 2018 se evidencia un descenso en publicaciones alrededor de la temática.

**Top documentos con mayor citación**

**Figura 3**  
Top 10 documentos tema IO



Fuente: propia a partir de Scopus

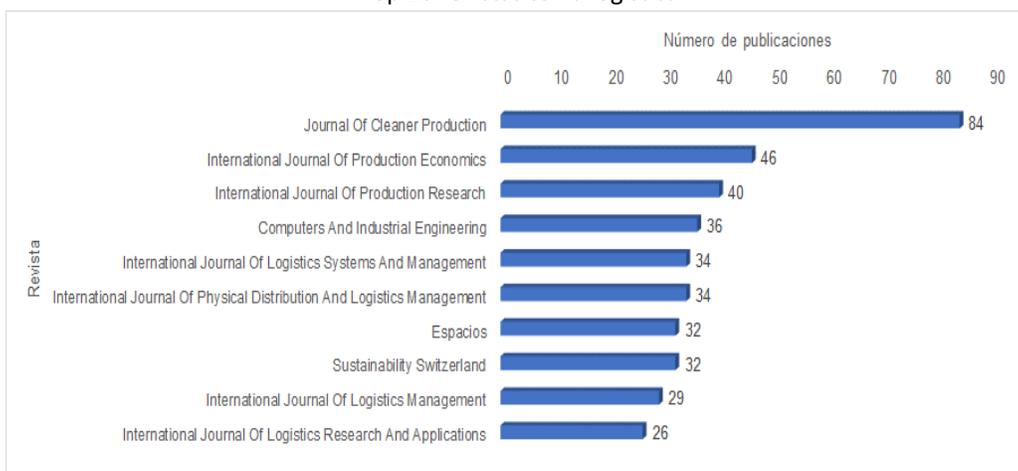
En la Figura 3 se observan los documentos más citados en orden decreciente destacándose computing in operations research using Julia, publicado en el año 2015 en la revista INFORMS Journal on Computing con 75 citas. Este documento explora cómo Julia, un lenguaje moderno de programación para computación numérica puede usarse para implementar software y algoritmos fundamentales para el campo de la investigación de



**Top de revistas por cantidad de artículos**

**Figura 5**

**Top 10 revistas tema logística**



Fuente: propia a partir de Scopus

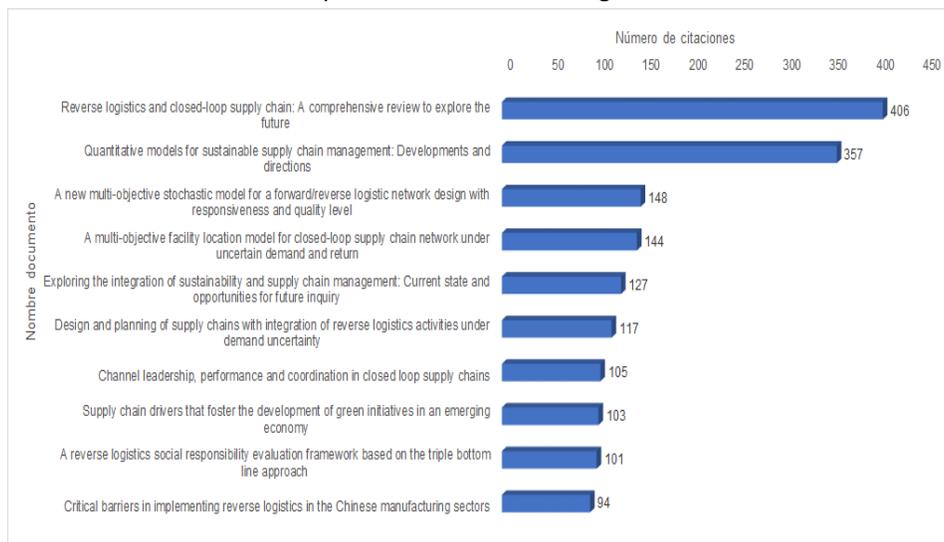
En la Figura 5 se observan las revistas científicas con mayor número de publicaciones, en el top 10 se destaca Journal Of Cleaner Production, una revista holandesa del grupo editorial Elsevier, con índice H de 150, cuenta con cuatro áreas temáticas: ciencias ambientales, ingeniería industrial y manufactura, energías renovables, sostenibilidad y medio ambiente y gestión y estrategia, todas en cuartil Q1. En relación con la temática de estudio en el periodo analizado la revista cuenta con 84 publicaciones.

**Top documentos con mayor citación**

En la Figura 6 se observan de manera decreciente los documentos con mayor número de citaciones, el artículo con mayor número de citas posee 406, el cual lleva por nombre Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future, publicado en 2015 en la revista European Journal of Operational Research. La publicación analiza el interés de la cadena de suministro de circuito cerrado por los académicos, analizando los problemas que esta presenta desde los diversos factores o ámbitos importantes, ambiental, social, legal y económico.

**Figura 6**

**Top 10 documentos tema logística**

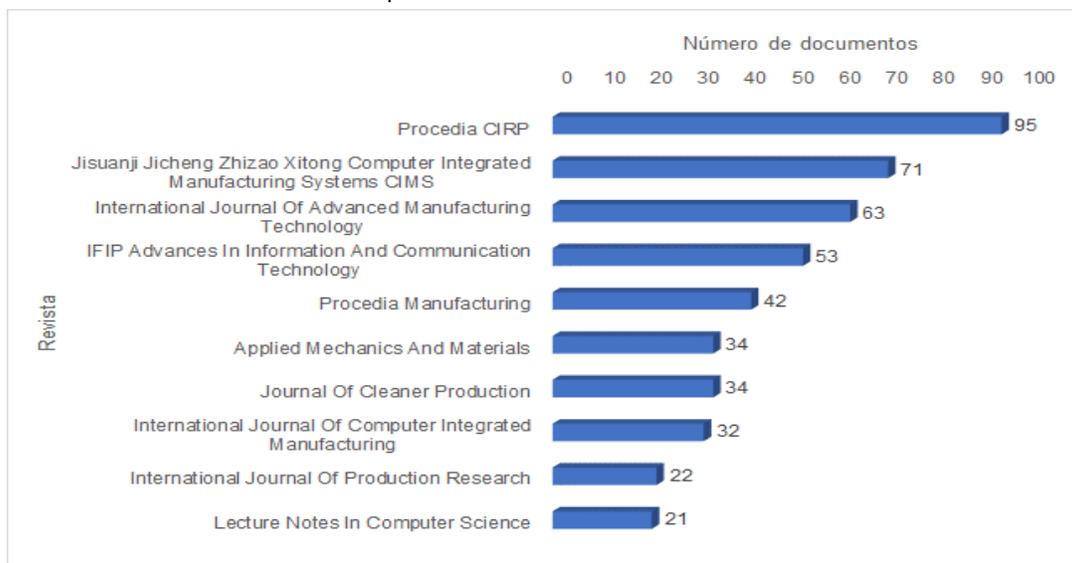


Fuente: propia a partir de Scopus



inició sus publicaciones desde el año 2012, tiene un índice H de 41 y cuenta con dos áreas temáticas de ingeniería: control y sistemas de ingeniería, ingeniería industrial y de manufactura.

**Figura 8**  
Top 10 revistas tema manufactura



Fuente: propia a partir de Scopus

**Top documentos con mayor citación:** en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se observan los documentos con mayor citación, entre ellos A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems, publicado en el año 2015 en la revista Manufacturing letters, con 580 citaciones. Este documento propone una arquitectura unificada de 5 niveles como una guía para la implementación de sistemas Ciberfísicos CPS.

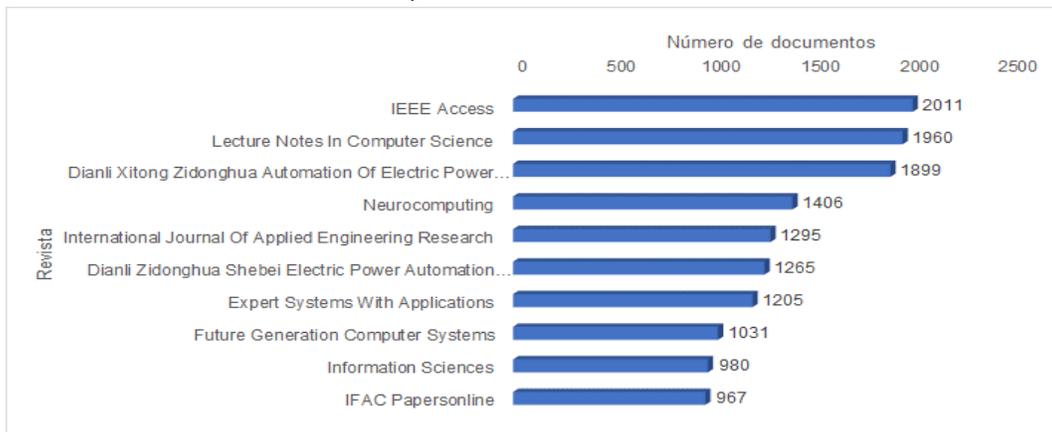
**Figura 9**  
Top 10 documentos tema manufactura



Fuente: propia a partir de Scopus



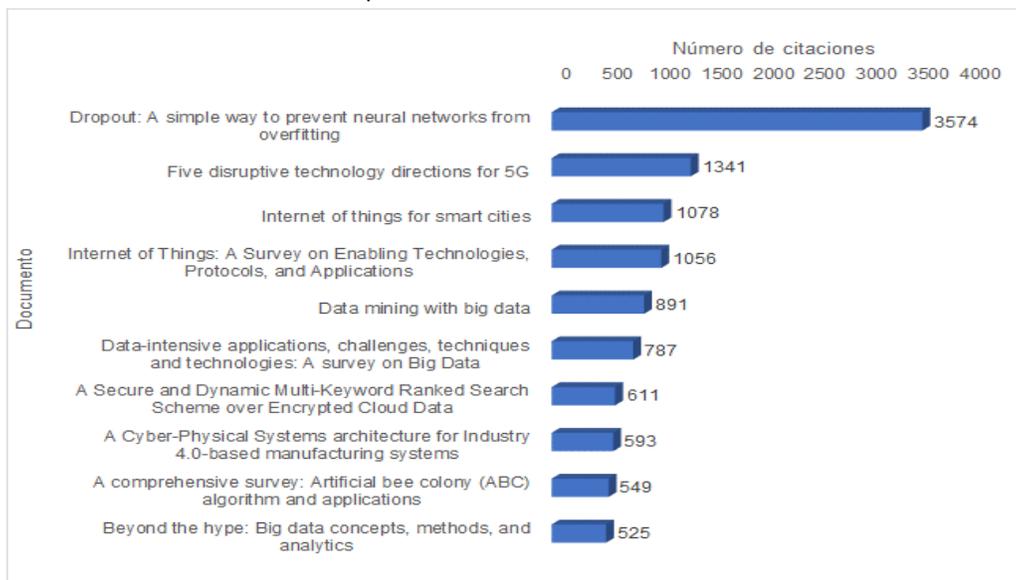
**Figura 11**  
Top 10 revistas industria 4.0



Fuente: propia a partir de Scopus

**Top documentos con mayor citación:** en la Figura 12 se muestran los nombres de los artículos Top de citaciones. El documento que lleva por nombre **Dropout: A simple way to prevent neural networks from overfitting**, el cual posee un total de 3574 citas, desde su publicación en 2014 en la revista Journal of Machine Learning Research. El artículo estudia el problema que tienen las redes neuronales cuando tienen un exceso de equipamiento, lo cual puede causar lentitud en este sistema de aprendizaje automático.

**Figura 12**  
Top 10 documentos industria 4.0



Fuente: propia a partir de Scopus

**Principales hallazgos análisis temática investigación industria 4.0**

La industria 4.0 seguirá día a día integrando tecnologías y técnicas, lo que permitirá que se generen nuevas aplicaciones que impacten la eficiencia de los sectores industriales, puesto que este tipo de avances permitirán al éxito industrial (Xu et al., 2018). Sin embargo, la adopción de estas tecnologías trae consigo unos desafíos sociales y culturales que de acuerdo con (Zhong et al., 2015) son importantes para tener en cuenta y lograr la aceptación, tales como: privacidad, seguridad y estandarización.

## 4. Conclusiones y trabajo futuro

El análisis cuantitativo y bibliométrico permite comprobar la permanencia o no de las palabras clave elegidas para el estudio en las publicaciones científicas sobre ingeniería industrial y programas afines; asimismo, se identifican en promedio treinta tópicos de vanguardia para cada una de las temáticas seleccionadas, lo cual se detalla en la Tabla 1. Los académicos interesados en el tema tienen a su disposición la selección de términos de tendencia mundial para desarrollar investigaciones y actualizar procesos de enseñanza- aprendizaje.

Los resultados indican que el conjunto de elementos que integran la industria 4.0 se encuentran en parte fundamentados en la investigación de operaciones, transformada a partir de sistemas de información versátiles desarrollados para estar al servicio de la manufactura y la logística de los procesos. No obstante, existen retos financieros y humanos para el uso masivo de las nuevas tecnologías.

El modelamiento matemático busca la optimización de procesos con la implementación de técnicas de programación de entornos mixtos o lineales, métodos de programación no lineal, dinámica de sistemas, modelos de colas, teorías de grafos, lógica difusa, análisis multicriterios, modelos estadísticos, desarrollos tecnológicos y otras herramientas útiles en la modernización de la profesión caso de estudio.

En contraste con lo anterior, el estudio evidencia que las palabras clave lean manufacturing, six sigma, Kaizen, total productive maintenance, value stream mapping vienen disminuyendo considerablemente en la cantidad de menciones en las publicaciones, lo que induce a que los intereses investigativos están migrando a otras áreas del conocimiento y que, estas temáticas de investigación asociadas a metodologías clásicas están maduras.

Teniendo en cuenta las tendencias y pertinencia científica derivadas del estudio, el diseño curricular, las fortalezas del grupo de investigación asociado y las necesidades del sector productivo, se identifican para una IES participante del proyecto las líneas de investigación: logística y cadena de suministro, gestión de la innovación e industria 4.0 y productividad y calidad; también, los subtemas en cada línea como se puede visualizar en la siguiente tabla.

**Tabla 2**  
Líneas y subtemas identificados

Línea de investigación	Subtema a desarrollar
Logística y cadena de suministro	Sustainable supply chain design Green logistics Gestión de almacenamiento e inventarios Logística urbana Optimización de transporte y distribución
Gestión de la innovación e industria 4.0	Learning systems Cloud manufacturing IOT Data mining, analítica de datos Gestión de la innovación Analítica de datos
Productividad y calidad	Diseño y mejora de métodos de producción Estandarización y normas SSST Implementación de sistemas de mejora continua Lean manufacturing Simulación y diseño de nuevos procesos Planeación y programación de producción ajustados a la demanda Producción más limpia

Fuente propia<sup>1</sup>

Una estrategia para mejorar la dispersión de las temáticas abordadas en varias modalidades de trabajo de grado en la segunda IES participante del proyecto, es la construcción de una base de datos de subtemas a desarrollar a partir de la correlación entre el temario histórico y las palabras top 1 a 15 derivadas del estudio, dando como resultado una síntesis de contenidos que permite optimizar el talento humano y fortalecer la investigación formativa actualizada<sup>ii</sup>.

Como trabajo futuro se encuentra en desarrollo un modelo para medir la productividad en industrias 4.0 en el cual, las variables exactas comprometidas en el desarrollo del modelo fueron seleccionadas teniendo como referencia las áreas temáticas investigación de operaciones y manufactura principalmente, igualmente los tópicos de vanguardia que están relacionados o impactan los recursos en un entorno productivo.

---

## Referencias bibliográficas

- Arévalo-Avecillas, D., Nájera-Acuña, S., & Piñero, E. A. (2018). La Influencia de la Implementación de las Tecnologías de Información en la Productividad de Empresas de Servicios. *Información tecnológica*, 29(6), 199-212.
- Baca, G.; Cruz, M.; Cristóbal, M.; Gutiérrez, J.; Pacheco, A. & Rivera, I. (2014). *Introducción a la ingeniería industrial*. México: Patria, 271.
- Bal, A., & Satoglu, S. I. (2018). A goal programming model for sustainable reverse logistics operations planning and an application. *Journal of cleaner production*, 201, 1081-1091.
- Beltrán Rodríguez, C. E., & Soto Bernal, A. D. (2017). *Aplicación de herramientas lean manufacturing en los procesos de recepción y despacho de la empresa HLF Romero S.A.S* (Tesis de pregrado). Universidad de la Salle, 1-81.
- Canales Becerra, H., & Mesa-Fleitas, M. (abril 2002). Bibliometría, Informetría, Cienciometría: su etimología y alcance conceptual. En A. Ruano (Presidencia). *En Congreso Internacional de Información INFO 2002*. Congreso llevado a cabo en La Habana, Cuba.
- Clavijo, M. L. T., ZARTA, R. H., Sossa, J. W. Z., Reveiz, R. E., Uribe, J. H. D., & Garcés, J. G. (2017). Vigilancia tecnológica y análisis del ciclo de vida de la tecnología: técnicas de evaluación de la usabilidad, métricas y herramientas en el sector TICs. *Espacios*, 38(22), 28.
- Negron, D. M. (2009). *Administración de operaciones. Enfoque de administración de procesos de negocios*. Cengage Learning Editores.
- Prause, M., & Weigand, J. (2016). Industry 4.0 and object-oriented development: incremental and architectural change. *Journal of technology management & innovation*, 11(2), 104-110.
- Scopus. (2019). *Scopus*. Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- Taha, H. A. (2004). *Investigación de operaciones*. Pearson Educación.
- Vanti, N. (2000). Métodos cuantitativos de evaluación de la ciencia: bibliometría, cienciometría e informetría. *Investigación bibliotecológica: Archivonomía, bibliotecología e información*, 14(29).
- Xu, L. D., Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2941-2962.
- Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E., & Newman, S. T. (2017). Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review. *Engineering*, 3(5), 616-630.

---

<sup>i</sup> A partir del informe final proyecto Identificación de líneas de investigación para los programas ingeniería industrial y afines de la I.U Pascual Bravo, Medellín Colombia.

<sup>ii</sup> Los resultados de la correlación temática de los trabajos de grado y las palabras top son de actual interés de divulgación.