

# Industria 4.0: tendencias de la literatura académica reciente

## Industry 4.0: recent academic literature trends

FLÓREZ BOLAÑOS, Jaime [1](#); AGUILERA PRADO, Marco [2](#) y SALCEDO PARRA, Octavio J. [3](#)

Recibido: 27/05/2019 • Aprobado: 03/09/2019 • Publicado 09/09/2019

### Contenido

- [1. Introducción](#)
- [2. Metodología](#)
- [3. Resultados](#)
- [4. Conclusiones](#)

[Referencias bibliográficas](#)

[Anexos](#)

#### RESUMEN:

El objetivo del presente artículo consistió en analizar las tendencias de la literatura académica sobre las Industrias 4.0, a partir de una aplicación del Systematic Literature Network Analysis (SLNA) para 2.809 textos hallados en SCOPUS bajo la categoría industry 4.0. Como principales resultados se resaltan: i) se trata de un campo en crecimiento dentro de la literatura científica, ii) la producción científica está enfocada a aspectos aplicados de las empresas y la industria y iii) a hoy, Alemania es el principal productor de literatura en el campo.

**Palabras clave:** Industria 4.0, Coocurrencia, bibliometría.

#### ABSTRACT:

The aim of the article was analyzing trends in the academic literature on industries 4.0. It makes and application from Systematic Literature Network Analysis (SLNA) for 2.809 texts found in SCOPUS under the category industry 4.0. The results highlight: i) It is a growing field within the scientific literature, ii) Scientific production is focused on applied aspects of companies and industry and iii) Nowadays, Germany is the leading producer of literature in field.

**Keywords:** Industry 4.0, Science Mapping, cowords, bibliometrics.

## 1. Introducción

Existe un consenso entre académicos sobre los períodos tiempo en los cuales, se pueden identificar los avances técnicos y/o tecnológicos que han generado disrupciones en las relaciones productivas; a veces estas interrupciones son tan grandes que se empieza hablar del concepto de revolución industrial. Se habla de revolución industrial debido a que estos avances modifican las relaciones de producción en escala, alcance y/o complejidad; Se habla de escala debido a la magnitud de los procesos productivos que se pueden dar bienes intermedios (materias primas) y productos terminados (bienes finales); se habla de alcance debido a las otras dimensiones de la sociedad que llegan a permear y se habla complejidad debido al cambio de las interrelaciones subyacentes. La primera revolución industrial se dio entre 1760 y 1830 período que se caracterizó por el paso de la producción manual a la

producción mecanizada, por la transformación y migración de sociedades basadas en el agro y en el campo a sociedades industriales y urbanas. Fue el principio de las industrias textiles y de hierro.

El período de 1850 a 1913 se caracterizó por la consolidación y expansión de las industrias como acero, petróleo y electricidad para sustentar la producción a escala industrial; esta sería la segunda revolución industrial. La tercera revolución o revolución digital (1980 – 2012) trajo consigo la electrónica, telecomunicaciones y todo lo relacionado con las tecnologías de la información (dispositivos electrónicos, computadores personales e internet). *La cuarta revolución industrial* se caracteriza por varios elementos, a saber. El primero, es que va de la mano con la tercera, ya que en teoría sigue vigente. El segundo elemento es que tiene como base la integración de las transformaciones digitales en las sociedades en los cuales con fluyen varias campos emergentes como son la el aprendizaje automatizado, la inteligencia artificial, nanotecnología, computación cuántica, biotecnología, impresión 3d, internet de las cosas (en adelante IoT - por sus siglas en ingles) y vehículos autónomos (Schwab, 2016; Drath & Horch, 2014). El concepto de *industrias 4.0* se desprende directamente de lo que se denomina la cuarta revolución industrial.

Si bien existen ciertas diferencias en las acepciones para connotar el advenimiento de esta cuarta revolución industrial (*Industry 4.0, Smart Factory, Industrial Internet*), existe coincidencia en que se trata de procesos de automatización inteligente de las industrias manufactureras que implica la interconexión de partes sensibles de las empresas de modo que esta mejore su adaptabilidad mediante procesos de inteligencia artificial donde convergen los sistemas ciberfísicos a los sistemas de producción industriales (Drath & Horch, 2014; Strozzi, Colicchia, Creazza, & Noè, 2017).

Entre los aspectos que más destacan de las industrias 4.0 está la conectividad (internet de las cosas), automatización, información y acceso digitales al cliente. Cada uno de estos elementos juega un papel importante en la masificación, distribución y adaptabilidad por parte de las industrias. Parte de esto se ve respaldado por las expectativas que tienen los empresarios (Drath & Horch, 2014). En un estudio realizado por Barómetro global de innovación y presentado por General Electric en el WEF de 2016 se les pregunto a 4000 líderes de 23 países acerca de las perspectivas que tenían sobre las industrias 4.0. Se encontró que el 70% de ellos tiene expectativas positivas frente a la implementación de estos avances en sus empresas; así mismo el 85% indico que estos aspectos positivos se enfocan en los beneficios que trae las innovaciones en los sistemas ciberfísicos; 64% de ellos está dispuesto asumir el riesgo de invertir en estas innovaciones y el 17% de ellos teme por un impacto negativo sobre los trabajadores (General Electric, 2016). Estas perspectivas aunadas a los cambios en las relaciones sociales establecidas con las revoluciones anteriores, permiten intuir aumentos en la productividad y beneficios de la industria, pero también la posibilidad de aumentos en: i) la desigualdad, las dificultades para el acceso al trabajo de ciertos grupos poblacionales y iii) los riesgos por seguridad informática; incluyendo los problemas de identidad, lo cual hace pertinente esclarecer el camino de la industria 4.0 y cómo los científicos están dando solución al problema ingenieril y cómo ello permeará las relaciones de la sociedad, (Schwab, 2016).

Teniendo presente lo anterior, el presente capítulo analiza la senda que ha recorrido la literatura académica sobre *Industrias 4.0* como una forma de entender los avances, los conocimientos integrados para esa producción científica y los temas en los que se ha trabajado en los últimos cinco años. Para ello, luego de esta corta introducción, el capítulo presenta los pasos del *Systematic Literature Network Analysis* (SLNA – sección 2) empleado como método para la construcción, luego presenta los resultados en términos de los indicadores bibliométricos convencionales y de mapas de palabras; finaliza con una síntesis de esos resultados a la luz de los temas y perspectivas de investigación en ingeniería.

---

## 2. Metodología

El análisis realizado siguió la propuesta del *Systematic Literature Network Analysis* (SLNA) que consta de dos fases: i) revisión sistemática de la literatura y ii) análisis y visualización de las redes bibliográficas. En la primera fase se define el alcance del análisis, se localizan

los estudios (la base de textos sobre los cuáles se realiza el análisis) y construye el conjunto de texto objeto del análisis. En la segunda fase se realiza el mapeo o construcción de redes bibliográficas que responden a la pregunta que motiva el estudio (Colicchia & Strozzi, 2012; Strozzi, Colicchia, Creazza, & Noè, 2017).

En la fase de revisión sistemática de la literatura se estableció que el trabajo a realizar sería identificar los temas en los que la literatura sobre *industrias 4.0* se ha movido en los últimos cinco años para lo cual se utilizarían los textos presentes en SCOPUS entre 2012 y 2019 que resultaran de la búsqueda de "Industry 4.0" en el título, el resumen o en las palabras clave. Además, se definió que se realizaría una descripción para los tipos de textos, donde se cuantificarían la cantidad de textos con referencia a industrias 4.0, su citación y se identificarían textos y autores con mayor citación como una primera manera de establecer diferencias entre los tipos de textos e identificar orígenes de los textos con mayor impacto. Así mismo, se definió que sobre el conjunto de *articles* y *conference papers* se construiría dos tipos de redes bibliométricas: una por co-ocurrencia de términos para las palabras clave y los resúmenes (Charum, 1998; Van Eck & Waltman, 2009; Rodríguez & Pardo, 2007), y otro de co-autoría como indicador de colaboración. Para ambos casos se emplearía el software VOSviewer (Van Eck & Waltman, 2010).

Las redes bibliométricas están definidas por nodos y bordes, donde los nodos representan publicaciones, revistas, autores o palabras (clave, temas, área disciplinares) y los bordes indican relaciones de co-ocurrencia de palabras, coautoría o de citación (co-citación, acoplamiento bibliográfico o citación directa), al tiempo que representan la fuerza de esa relación (Van Eck & Waltman, *Visualizing Bibliometric Networks*, 2014; Todeschini & Baccini, 2016). Tradicionalmente, en las visualizaciones de las redes el tamaño de los nodos indica mayor relevancia, el grosor de los bordes la fuerza del vínculo, mientras que los colores en nodos o bordes indican grupos de palabras relacionados (*clusters*).

Las redes basadas en la co-ocurrencia de palabras toman palabras del resumen, título o del conjunto de palabras clave (del autor o de la revista) e identifica la presencia de ciertos términos en conjuntos de textos, es decir si dos palabras aparecen en un texto, entonces existen temas relacionados y si dos palabras aparecen en 2 textos diferentes, entonces los textos tienen alguna conexión. De esta manera, la co-ocurrencia de un par de palabras es el número de publicaciones en que ese par de palabras se repite (Van Eck & Waltman, *Visualizing Bibliometric Networks*, 2014; Todeschini & Baccini, 2016).

Las redes de co-citación muestran que un par de publicaciones están co-citadas si ambas son citadas por una tercera publicación; los trabajos más comunes con este tipo de redes relacionan publicaciones e identifican la fuerza de esa co-citación, mientras que, en menor medida se explora la co-citación para relaciones entre autores y revistas. En el acoplamiento bibliográfico se identifica cuando un par de publicaciones citan una misma publicación. Por su parte, las redes de co-autoría muestran las relaciones entre los autores de las publicaciones, existe co-autoría si el nombre de un autor (su país de origen o su centro de filiación) aparece en un texto en compañía de otro autor; en este tipo de redes es común que el tamaño de los nodos identifique los autores con más colaboraciones, los países con más número de vínculos o los centros de investigación con mayor número de co-autorías (Van Eck & Waltman, *Visualizing Bibliometric Networks*, 2014; Todeschini & Baccini, 2016).

Así, esta alternativa metodológica cubriría tanto la descripción tradicional de los análisis bibliométricos, mediante algunos indicadores convencionales de importancia científica (número de publicaciones y colaboración) y de impacto científico (número de citas) (González, Moya, & Mateos, 1997). Mientras que el mapeo de redes debería brindar luces acerca de los vínculos de temas y de posibilidades de investigación de las ingenierías en torno a industrias 4.0.

De esta manera, los resultados mostrarían algunos indicadores convencionales de importancia científica: número de publicaciones y colaboración y de impacto científico: número de citas (González, Moya, & Mateos, 1997). Mientras que el mapeo de redes debería brindar luces acerca de los vínculos de temas y de posibilidades de investigación de las ingenierías en torno a industrias 4.0.

### 3. Resultados

La producción de textos con el término *Industry 4.0* en el título, las palabras clave o el resumen presenta una tendencia creciente entre 2012 y 2019, pasando de 2 textos en 2012 a 1.074 en 2017; año de mayor producción. A la fecha, la mayor producción es de *conference paper* seguido de *article* y *book chapter*, donde se concentra 90% de la producción (Tabla I ).

**Tabla I**  
Número de textos por tipo

Tipo de texto	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total
Conference Paper		8	34	81	239	549	390	34	1335
Article	1	11	42	98	205	379	269		1005
Article in Press					4	26	75		105
Book Chapter				3	17	25	38	4	87
Conference Review			1	8	15	25	19	2	70
Review			2	3	13	24	18		60
Editorial		4	5	8	5	17	8	1	48
Short Survey		1	4	8	11	14	6		44
Note		7	2	3	13	10	4		39
(en blanco)	1				2	3	3		9
Book			1		2	2	1		6
Proc.NordDesign, NordDesign					1				1
<b>Total general</b>	<b>2</b>	<b>31</b>	<b>91</b>	<b>212</b>	<b>527</b>	<b>1.074</b>	<b>831</b>	<b>41</b>	<b>2.809</b>

Fuente: Elaboración propia con base en Scopus

Al respecto de la citación, la mayoría se encuentra concentrada en *articles* (3.246) y *conference paper* (2.768); en estos dos tipos de textos se encuentra el 90% de las citas. Luego de esos dos tipos de texto, en orden de citación se encuentran los *reviews* (296) y los *articles press* (96). Los *articles* más citados se publicaron en 2015 y los *conference paper* con mayor citación en 2016. En conjunto, para todos los tipos de textos, aquellos publicados en 2016 recibieron la mayor cantidad de citas (Tabla II ).

**Tabla II**  
Número de citas por tipo de texto

Tipo de texto	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total
Article		7	320	1086	830	875	128	3246

<b>Conference Paper</b>	2	60	740	451	989	476	50	2768
<b>Review</b>			3	12	117	151	13	296
<b>(en blanco)</b>					40	61	1	102
<b>Article in Press</b>					16	63	17	96
<b>Book Chapter</b>				58	21	13	1	93
<b>Editorial</b>			8		1	10		19
<b>Short Survey</b>			3	4		2	3	12
<b>Book</b>			3		5	3		11
<b>Note</b>		5						5
<b>Proc. NordDesign, NordDesign</b>					2			2
<b>Total general</b>	<b>2</b>	<b>72</b>	<b>1077</b>	<b>1611</b>	<b>2021</b>	<b>1654</b>	<b>213</b>	<b>6650</b>

Fuente: Elaboración propia con base en Scopus

Entre 2014 y 2016 se produjeron los artículos y conference papers, de los cuales 14 cuentan con más de 50 citas (8 artículos, 6 conference paper). El texto de mayor citación es el *article*: *A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems* con 507 citas a la fecha de este estudio, seguido por el *conference paper*: *Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment* con 235 citas. Ambos textos tienen filiación a la Universidad de Cincinnati (Estados Unidos) y en ambos participan Jay Lee y Hung-An Kao como autores (Tabla III).

**Tabla III**  
Textos con más de 50 citas en el periodo

<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>Año publicac.</b>	<b>Tipo de texto</b>	<b>Citas</b>
Lee J., Bagheri B., Kao H.-A.	A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems	2015	Article	507
Lee J., Kao H.-A., Yang S.	Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment	2014	Conference Paper	235
Lasi H., Fettke P., Kemper H.-G., Feld T., Hoffmann M.	Industry 4.0	2014	Article	208
Hermann M., Pentek T., Otto B.	Design principles for industrie 4.0 escenarios	2016	Conference Paper	180
Zhan Z.-H., Liu X.-	Cloud computing resource scheduling	2015	Article	105

F., Gong Y.-J., Zhang J., Chung H.S.-H., Li Y.	and a survey of its evolutionary approaches			
Jazdi N.	Cyber physical systems in the context of Industry 4.0	2014	Conference Paper	97
Shrouf F., Ordieres J., Miragliotta G.	Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm	2014	Conference Paper	95
Gorecky D., Schmitt M., Loskyll M., Zühlke D.	Human-machine-interaction in the industry 4.0 era	2014	Conference Paper	91
Stock T., Seliger G.	Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0	2016	Conference Paper	88
Posada J., Toro C., Barandiaran I., Oyarzun D., Stricker D., De Amicis R., Pinto E.B., Eisert P., Döllner J., Vallarino I., Jr.	Visual Computing as a Key Enabling Technology for Industrie 4.0 and Industrial Internet	2015	Article	86
Kang H.S., Lee J.Y., Choi S., Kim H., Park J.H., Son J.Y., Kim B.H., Noh S.D.	Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions	2016	Article	82
Wan J., Tang S., Shu Z., Li D., Wang S., Imran M., Vasilakos A.V.	Software-Defined Industrial Internet of Things in the Context of Industry 4.0	2016	Article	73
Wollschlaeger M., Sauter T., Jasperneite J.	The future of industrial communication: Automation networks in the era of the internet of things and industry 4.0	2017	Article	72
Weyer S., Schmitt M., Ohmer M., Gorecky D.	Towards industry 4.0 - Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems	2015	Article	50
Wang S., Wan J., Zhang D., Li D., Zhang C.	Towards smart factory for industry 4.0: A self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination	2016	Article	56

Fuente: Elaboración propia con base en Scopus

El primer texto por fuera del periodo de mayor citación es el *conference paper: Scalability of OPC-UA down to the chip level enables "internet of Things"* que tiene 30 citas, autoría de Jahanzaiab Imtiaz y Jürgen Jasperneite y filiación al Instituto Industrial y el Centro Fraunhofer para la Automatización Industrial en Alemania.

En términos de palabras clave de los autores (author keywords), los autores de articles, conference paper y reviews los enmarcan, principalmente en: *Cyber-Physical System, Health management and prognostics, Industry 4.0 y Time machine* y en segunda medida en: *Ant colony optimization; Cloud computing, Evolutionary Computation, Genetic algorithm, Particle swarm optimization, Resource scheduling, Computer Graphics, Computer Vision, Digital Manufacturing, Industrial Internet, Visual Computing, Big Data, Internet of Things, Smart Factory, Smart Manufacturing*. (Ver Anexo 1 ).

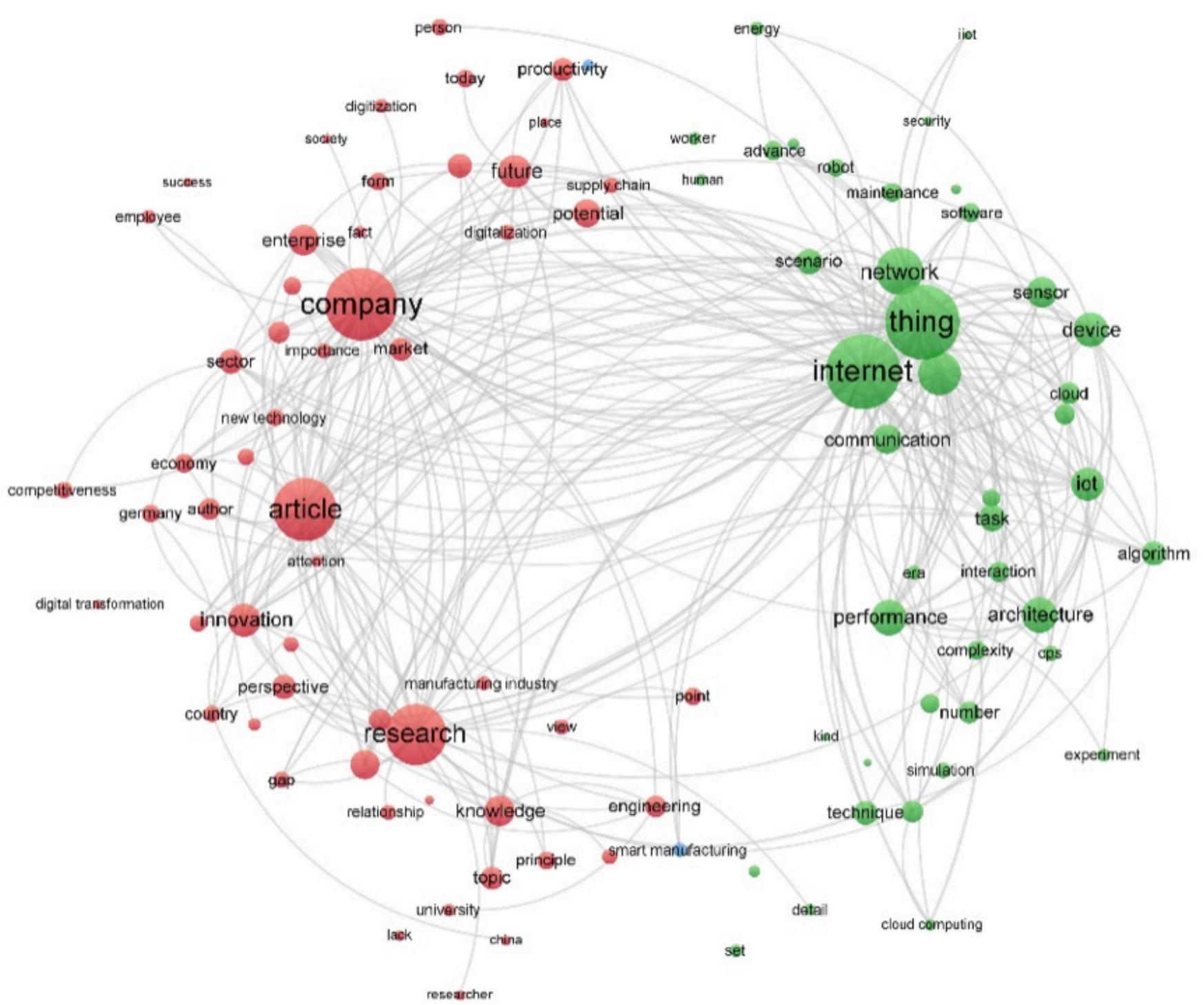
En específico, los *conference paper* se enmarcan en: *Industrial Big Data, Manufacturing Servitization, Predictive Maintenance, Case Study, Design Principles, Industrie 4.0, Internet Of Everything, Internet of Things, Smart Factory, Cloud Technology, CPS, Energy Management, Internet Of Things, Smart Factory, Cyber-Physical Systems, Human-Computer-Interaction, Industry 4.0, Sustainable Development* (Ver Anexo 2 ) y los reviews en: *Case Study Research, Construction Industry, Content Analysis, Industry 4.0, PESTEL Framework, Research Agenda, Systematic Literature Review, Big Data, Cyber Physical System, Enterprise Architecture, Enterprise Integration, Internet Of Things* (Ver Anexo 3 ).

La co-ocurrencia de palabras clave (autor y revista) para *articles y conference papers* muestra un centro significativo *industry 4.0*, alrededor del cual se forman otros más emergentes como *internet of things, cyber physical systems, embedded systems y manufacture*. La diferencia principal radica en la cantidad de palabras clave conectadas entre sí, mientras en los *conference paper* existen 280 palabras con al menos (Fig. 2) 10 apariciones, en los *articles* aparecieron 109 palabras con al menos 10 apariciones (Fig. 2). Esas diferencias se explican porque, en general los eventos son más ágiles en las publicaciones y dan cabida a más temas, mientras que las revistas son más específicas en sus temas y el proceso de evaluación, normalmente toma más tiempo.

**Fig. 1**  
Co-ocurrencia de palabras clave para *articles*

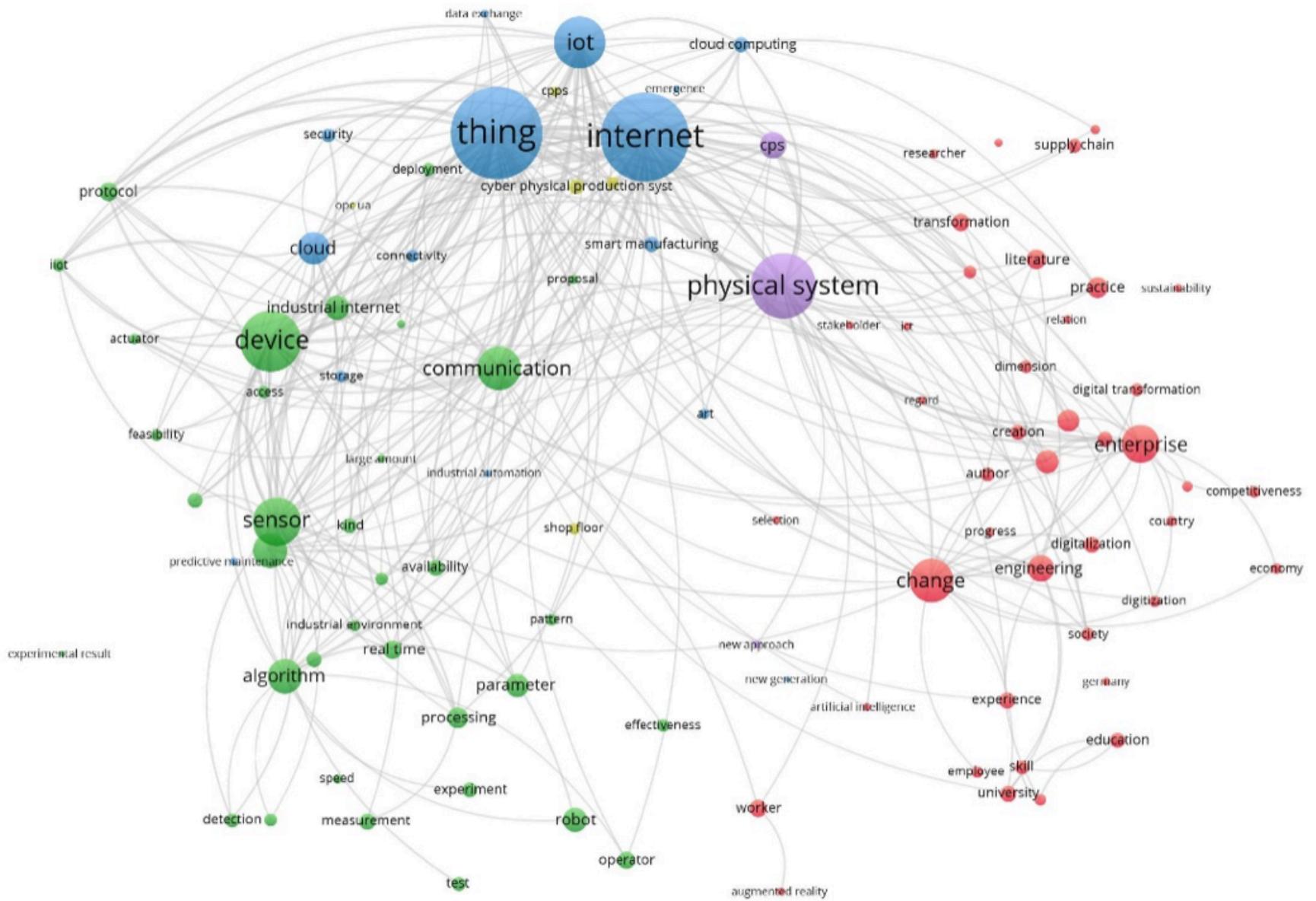






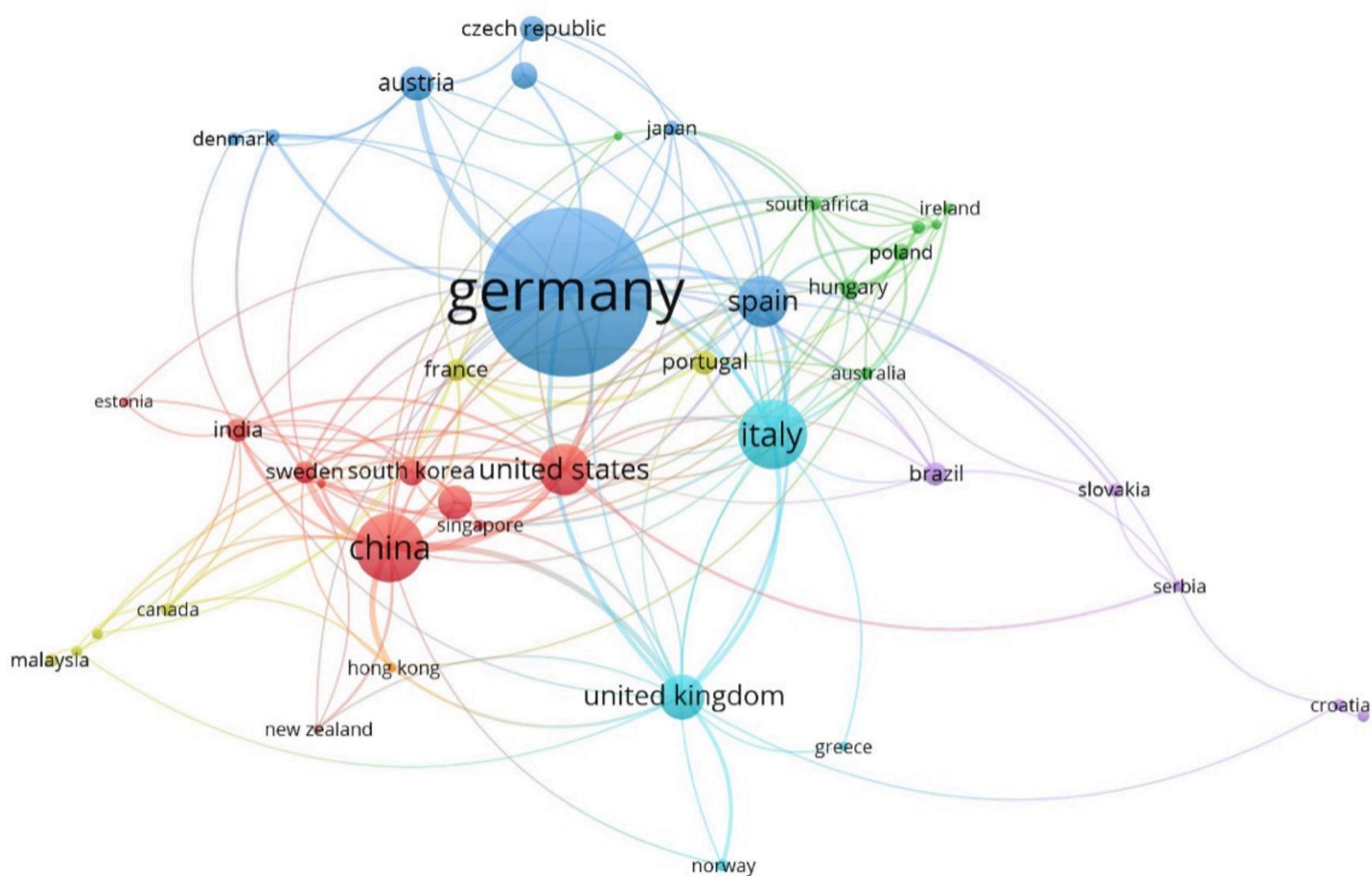
-----

**Fig. 4**  
Co-ocurrencia de palabras clave en  
resúmenes para *conference papers*



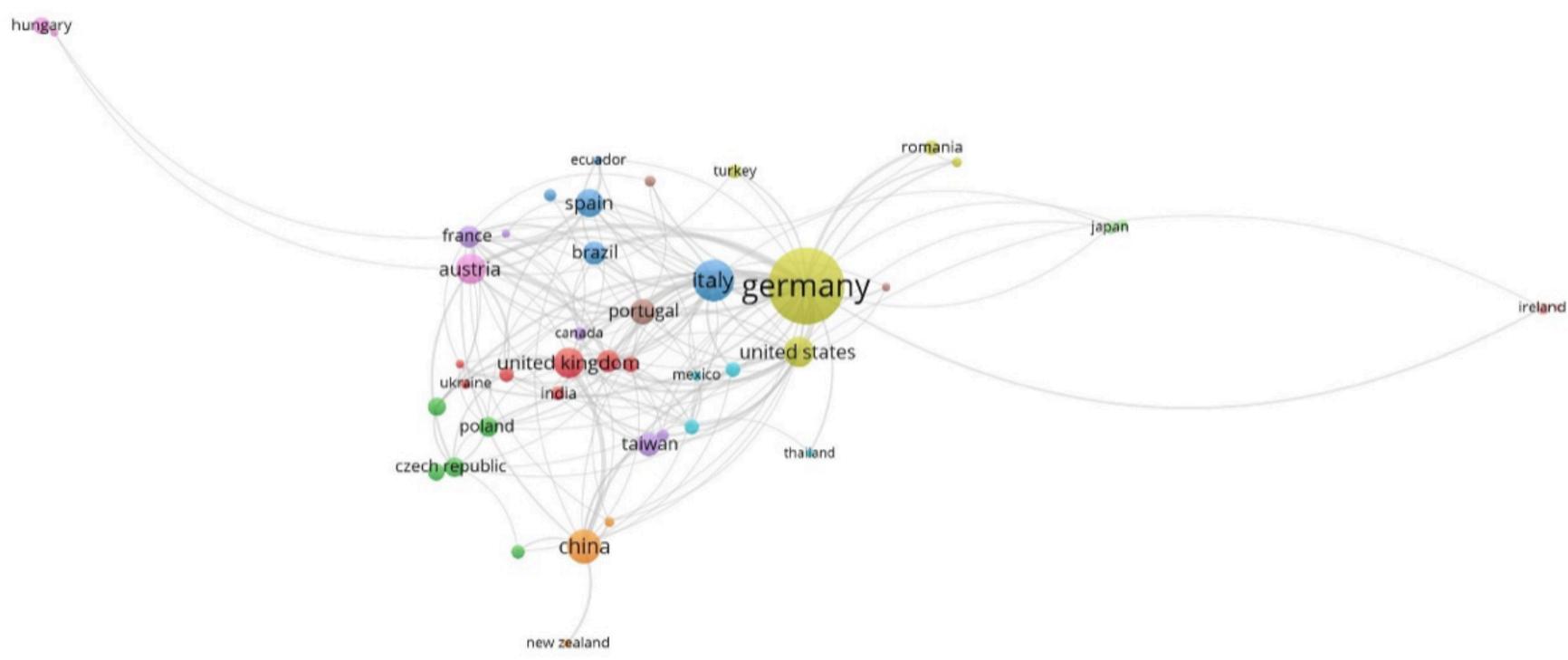
La búsqueda de coautoría por países que presenten 5 o más textos arroja 42 países para los *article* (Fig. 5) y 45 países para *conference paper* (Fig. 6). En ambos casos Alemania es el gran coautor, de ese país sale la mayoría de textos y por él pasan la mayoría de colaboraciones; de allí viene el 32 % de los documentos del análisis. Se destacan en *articles* otros países como: China, España e Italia y en *conference paper*: Italia, España, Brasil y Estados Unidos con participaciones menores del 4 % en el total de documentos. Latinoamérica está presente con Brasil (*article* y *conference paper*) y México (*conference paper*).

**Fig. 5**  
Mapa de co-autoría  
por países para *articles*



-----

**Fig. 6**  
 Mapa de co-autoría por países para *conference papers*



## 4. Conclusiones

Así, la descripción de los textos sobre industria 4.0 y su análisis bibliométrico, aquí presentada permite concluir que: i) se trata de un campo en crecimiento dentro de la literatura científica, ii) la producción científica está enfocada a aspectos aplicados de las empresas y la industria, iii) a hoy, Alemania es el principal productor de literatura en el campo, iv) la citación está en el periodo creciente donde los textos más citados están tienen entre 3 y 4 años de haber sido publicados y v) existen similitudes en los temas sobre los que se escribe en los *conference paper* y los *article*.

Dado que es un campo en crecimiento es de esperar diversidad de temas en las

publicaciones y variados tipos de agrupaciones en torno a esos temas, sin embargo son aún identificables temas gruesos o amplios como internet de las cosas, sistemas ciberfísicos, estructuras de red o manufactura, lo cual abre posibilidades de investigación en tanto hay cabida para hacer relaciones entre elementos propios de la ingeniería más reciente como *big data* o inteligencia artificial con los elementos de las empresas inteligentes (*Smart Factory*) o con aspectos como competitividad o productividad.

La producción sembrada en Alemania muestra no solo el camino de lo que se está escribiendo, sino cómo el modelo donde existe una colaboración estrecha entre la academia (institutos de investigación) y las empresas para hacer investigación en industria 4.0, lo cual puede ser un condicionante para la producción científica, pero si es condición, entonces es un llamado de atención a cuál es el sentido de la ingeniería contemporánea (la gran empresa, los *spin-off*) y cómo poner a prueba las soluciones propuestas (en la empresa misma).

Las agrupaciones de temas (palabras clave o resúmenes) ponen de manifiesto la necesidad de integrar diferentes ingenierías, el asunto de las firmas en la industria 4.0 va más allá de la automatización de los procesos o de la producción por demanda y en cambio, según muestra la literatura tiene que ver con el aprovechamiento de conocimientos atados teóricamente a campos fuera de la ingeniería como la toma de decisiones, los sistemas multiagente o la inteligencia artificial con el desarrollo de soluciones para las empresas que involucran resultados desde la ingeniería industrial (investigación industrial, procesos de producción, eficiencia), de sistemas y software (*big data*, inteligencia artificial, internet de las cosas) y mecatrónica (robótica, interacción humana computarizada).

El rastreo de literatura académica no muestra avances en textos que involucren los cambios previsibles en la gerencia o administración (*management*) en las empresas de industrias 4.0 ni en lo relacionado con temas generales (*business*) ni aspectos más específicos como la administración del recurso humano (*human resources*). Tampoco son evidentes textos en torno a los cambios en la estructura de la industria con el advenimiento de los *Smart Factory* (*spill-over*, *innovation*) o en otros aspectos de la sociedad

---

## Referencias bibliográficas

- Charum, J. (1998). Generación de un sistema de información y construcción de indicadores de las acumulaciones y de las dinámicas sociales y científicas de las Red Caldas. In J. Charum, & J.--. Meyer (Eds.), *Hacer ciencia en un mundo globalizado. La diáspora científica colombiana en perspectiva* (pp. 5-40). Bogotá: Tercer Mundo.
- Colicchia, C., & Strozzi, F. (2012). Supply chain risk management: a new methodology for a systematic literature review. *Supply Chain Management: An International Journal*, 17(4), 403-418. doi:10.1108/13598541211246558
- Drath, R., & Horch, A. (2014). Industrie 4.0: Hit or Hype? *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 8(2), 56-58. doi:10.1109/MIE.2014.2312079
- General Electric. (2016). *2016 GE Global Innovation Barometer. Detailed Findings*. Boston: General Electric Company. Retrieved from General Electric Reports: <https://www.ge.com/reports/innovation-barometer-2016/>
- González, J., Moya, M., & Mateos, M. A. (1997). Indicadores bibliométricos: características y limitaciones en el análisis de la actividad científica. *Anales Españoles de Pediatría*, 47(3), 235-244.
- Rodríguez, D. H., & Pardo, C. E. (2007). *Programación en R del método de las palabras asociadas*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Schwab, K. (2016). *La cuarta revolución industrial*. Barcelona: Debate.
- Strozzi, F., Colicchia, C., Creazza, A., & Noè, C. (2017). Literature review on the 'Smart Factory' concept using bibliometric tools. *International Journal of Production Research*, 55(22), 6572-6591. doi:10.1080/00207543.2017.1326643
- Todeschini, R., & Baccini, A. (2016). *Handbook of Bibliometric Indicators. Quantitative Tools for Studying and Evaluating Research*. Weinheim, Germany: Wiley-VCH.

- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2009). How to normalize co-occurrence data? An analysis of some well-known similarity measures. *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 60, 1635-1651. doi:10.1002/asi.21075
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*(84), 523-538. doi:10.1007/s11192-009-0146-3
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2014). Visualizing Bibliometric Networks. In D. Ying, R. Rousseau, & D. Wolfram (Eds.), *Measuring Scholarly Impact. Methods and Practice* (pp. 285-320). Switzerland: Springer. doi:10.1007/978-3-319-10377-8\_13

## Anexos

### Anexo 1

Palabras clave de autor más citadas en industria 4.0 para *articles*

Palabra clave de autor	Peso Relativo total
Cyber-Physical System, Health management and prognostics, Industry 4.0, Time machine	18,68%
Ant colony optimization, Cloud computing, Evolutionary Computation, Genetic algorithm, Particle swarm optimization, Resource scheduling	3,87%
computer graphics, computer vision, cyber-physical systems, digital manufacturing, Industrial Internet, Industrie 4.0, industry 4.0, visual computing	3,17%
Big Data, Cyber-Physical System, Industry 4.0, Internet of Things, Smart Factory, Smart Manufacturing	3,02%
cyber-physical systems, industrial Internet of Things, industrial wireless networks, Industry 4.0, software-defined networks	2,69%
Cyber-physical system, Deadlock prevention, Industry 4.0, Multi-agent system, Smart factory	2,06%
Flexible production, Industry 4.0, SmartFactory, Standardization	1,84%
Alternative machines, Flexible flow shop, Optimal programme control, Smart factory, Structure dynamics, Supply chain scheduling	1,81%
Industrial applications, Industrial wireless networks, Industry 4.0, Quality of data, Quality of service, Wireless sensor networks	1,66%
Cloud manufacturing, Hypernetwork, Manufacturing service, Service-oriented manufacturing (SoM), Simulator, Supply-demand matching (SDM)	1,47%
Cloud gateway, Cyber Physical Production Systems, Information server	1,33%
costumer behavior, Industry 4.0, Internet, Internet of things	1,18%
Cyber-Physical Systems, Industrial practice, Industry 4.0, Modeling and simulation	1,18%
Big data, cyber-physical systems, Industry 4.0, intelligent manufacturing, preventive maintenance	1,18%

Big Data Streaming, context-aware networking-plus-computing distributed resource management, Fog of IoE, future Internet, Industry 4.0, Internet of Energy, Smart City, virtualized networked computing platforms for IoE	1,14%
Blockchain technology, Chemical industry, Electricity market, Machine-to-machine communications	1,11%
Advanced manufacturing, Cross-company kanban, Cyber-physical systems, Distributed ledger technology, Internet of things, Just-in-sequence, Just-in-time	1,11%
Cyber-Physical Systems, Industry 4.0, Prognostics and Health Management, Failure Prognostic, Intelligent Diagnostic Methodologies, Predictive Maintenance	1,07%
Big data, Cloud computing, Cyber-physical systems, Industrial wireless networks, Industry 4.0	1,07%
Automation, cyber-physical systems (CPSs), engineering, lifecycle, manufacturing, methods	0,99%
additive manufacturing technologies, Industry 4.0, knowledge-based systems, mass customization, virtual prototyping	0,99%
agile manufacturing, automation, event-driven architecture, manufacturing information systems, service-oriented manufacturing systems	0,92%
Big data, Big data analytics, Big data systems, Cyber physical systems, Distributed computing, Engineering informatics, Industry 4.0, Internet of things, IoT, Machine learning, Manufacturing, Smart manufacturing	0,92%
Cloud Manufacturing, Computer Integrated Manufacturing, Cyber-Physical Systems, Industry 4.0, Internet of Things	0,88%
decisional DNA(DDNA), Set of experience knowl- edge structure(SOEKS), Virtual engineering objects(VEO)	0,74%
Cyber-physical systems, Industrial Automation Thing, Industry 4.0, Internet of Things (IoT), Manufacturing systems, Mechatronics, UML profile	0,74%
Distributed manufacturing, Optimization, Production planning	0,74%
Cyber physical systems, Industry 4.0, Internet of things, Lean manufacturing, Production management	0,74%
Automation, Digitalization, Industry 4.0, Internet of things, SME	0,74%
AutomationML, Industrie 4.0, Industry 4.0, OPC UA, Plug-and-Work	0,66%

Fuente: Elaboración propia con base en SCOPUS.

-----  
**Anexo 2**

Palabras claves de autor más citadas en industria 4.0 para los *conference paper*

<b>Palabra clave de autor</b>	<b>Peso Relativo</b>
-------------------------------	----------------------

	<b>total</b>
Industrial big data, Manufacturing servitization, Predictive maintenance	9,19%
Case Study, Design Principles, Industrie 4.0, Industry 4.0, Internet of Everything, Internet of Things, Smart Factory	7,04%
Cloud Technology, CPS, Industry 4.0, Internet of Things	3,79%
energy management, Internet of Things, smart factory	3,71%
cyber-physical Systems, human-computer-interaction, Industry 4.0	3,56%
Factory, Industry 4.0, Sustainable development	3,44%
Industry 4.0, Manufacturing systems	1,76%
big data, cloud computing, CPPS, CPS, Industry 4.0, intelligent manufacturing	1,76%
Business information systems, Cyber physical systems, Empirical research, Industry 4.0, Study	1,68%
Cyber Physical Systems, Industry 4, Lean Automation, Lean Production	1,56%
5G, Industry4.0, Internet of Things, M2M communication, Wifi, Wireless communication for industrys	1,49%
Industry 4.0, OPC-UA and Internet of Things	1,17%
cyber-physical systems (key words), industry 4.0, multi-agent systems, production automation, software agents	1,17%
Change Management, Industry 4.0, Maturity Model, Strategic Management	1,09%
Automation, Energy efficiency, Industry 4.0, Shop floor - top floor integration	1,09%
Augmented Reality, Human Centred Design, Human Machine Interaction, Industry 4.0, Smart Factory, User Experience	0,94%
Action regulation, Industry 4.0, Mental strain, Socio-technical system, VERA/RHIA, Work requirement	0,94%
Cyber-physical production system, Learning factory, Logistics, Manufacturing engineering, Production planning and control	0,90%
cyber-physical production systems, digital twin, Industry 4.0, multimodal data acquisition, production system optimization	0,86%
Collaboration, Cyber-physical systems, Industry 4.0, Productivity	0,82%
Cost-efficient qualification, Empirical production research, Industry 4.0, Work-based learning	0,74%
Industry 4.0, learning factory, scenario-based learning, smart manufacturing	0,70%
fieldbuses, Industry 4.0, IoT, OPC.NET	0,70%

Cyber-Physical System, FOG, Industry 4.0, Internet of People, Internet of Services, Internet of Things, Smart City	0,70%
Cloud-based manufacturing, Cyber-physical systems, Industry 4.0, Internet of things, Service composition, Virtual enterprises	0,70%
competence development, human resource management, Industry 4.0, qualification	0,70%
Cloud Manufacturing, Industrial Internet, Industry 4.0, Internet of Things, Operationan Technology, Software-Defined Manufacturing	0,63%
Cyber-Physical Production Systems (CPPS), Industrie 4.0, Model Driven Paradigm	0,59%
Administrative Shell, Industrie 4.0, Semantic Technologies	
Flexible production, Industry 4.0, SmartFactory, Standardization	0,55%

1. Profesor programa de Contaduría. Universitaria Agustiniiana. M.A. Economía. [jaime.florez@uniagustiniana.edu.co](mailto:jaime.florez@uniagustiniana.edu.co)
2. Profesor Vicerrectoría de Investigaciones. Universitaria Agustiniiana. M.A. Planificación y Administración del Desarrollo Regional [marco.aguilera@uniagustiniana.edu.co](mailto:marco.aguilera@uniagustiniana.edu.co)
3. Profesor Maestría en Ciencias de la Información y las Comunicaciones. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. PhD. Ingeniería Informática [ojsalcedop@udistrital.edu.co](mailto:ojsalcedop@udistrital.edu.co). Profesor programa ingeniería de sistemas. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogota. [ojsalcedo@unal.edu.co](mailto:ojsalcedo@unal.edu.co)
4. El período se definió en 5 años debido a la vida útil de los avances en ingeniería; esto es, un avance hoy, poder obsoleto en 6 o 7 años.
5. *Article, Article in Press, Book, Book Chapter, Conference Paper, Editorial, Note, Proc. NordDesign, NordDesign, Review, Short Survey.*

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015  
Vol. 40 (Nº 30) Año 2019

[\[Índice\]](#)

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a [webmaster](#)]