

03-014

A SYSTEMATIC REVIEW OF LEAN 4.0 FOR THE DEVELOPMENT OF AUDITS IN ANDALUSIAN SMEs

Ávila Gutiérrez, María Jesús ⁽¹⁾; Córdoba Roldán, Antonio ⁽¹⁾; Morato Huerta, Pablo ⁽¹⁾; Lama Ruiz, Juan Ramón ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Universidad de Sevilla

In recent years a new paradigm known as Lean 4.0 has emerged, which evolves the Lean Manufacturing management model towards operational excellence from the technological enablers of Industry 4.0. This paper develops a review that has its origin in the need for an audit applicable to a modernization project of an SME dedicated to the design and manufacture of furniture, based on the paradigms of Lean manufacturing, thinking and management. The objectives of this work are: (1) Collection of advances in the Lean 4.0 domain for the development of a Lean Audit and (2) General recognition of trends, latest publications and developments in the Lean 4.0 domain and their evaluation in implementation/modernization or exploitation projects. For this review, publications from the Web of Science database will be considered, obtained from the different keywords formulated, in the time frame 2011-2023 with eligibility criteria of the type of publication, language and year. As a conclusion to the study carried out, some advice, guidelines and warnings are provided regarding implementation projects in SMEs of manufacturing systems of Industry 4.0, under Lean paradigms, as a result of the review carried out.

Keywords: Lean 4.0; audit; excellence; industry 4.0; SMEs

REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LEAN 4.0 PARA EL DESARROLLO DE AUDITORÍAS EN LAS PYMES ANDALUZAS

En los últimos años ha surgido un nuevo paradigma conocido como Lean 4.0 que evoluciona el modelo de gestión Lean Manufacturing hacia la excelencia operacional desde los facilitadores tecnológicos de la Industria 4.0. En este trabajo se desarrolla una revisión que tiene su origen en la necesidad de una auditoría aplicable a un proyecto de modernización de una PYME dedicada al diseño y fabricación de mobiliario, tomando como base los paradigmas de la fabricación, pensamiento y gestión Lean. Los objetivos de este trabajo son: (1) Recopilación de avances en el dominio Lean 4.0 para el desarrollo de una Auditoría Lean y (2) Reconocimiento general de las tendencias, últimas publicaciones y desarrollos en el dominio Lean 4.0 y su evaluación en proyectos de implantación/modernización o explotación. Para esta revisión se tendrán en cuenta publicaciones de la base de datos Web of Science, obtenidas de las diferentes palabras clave formuladas, en el espacio temporal 2011-2023 con criterios de elegibilidad del tipo de publicación, idioma y año. Como conclusión al estudio realizado, se aportan algunos consejos, pautas y advertencias referidas a proyectos de implantación en pymes de sistemas de fabricación propios de la Industria 4.0, bajo paradigmas Lean fruto de la revisión realizada.

Palabras clave: Lean 4.0; auditoria; excelencia; industria 4.0; PYMES

Agradecimientos: Este trabajo ha contado con la financiación de Tapizados MARPE S.L.



© 2023 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

En este trabajo se estudia el concepto Lean 4.0 como la integración de técnicas y herramientas provenientes del modelo de gestión Lean Manufacturing con los facilitadores tecnológicos propios de la Cuarta Revolución Industrial (Valamede et al., 2020).

En 2020 en Andalucía existen 46.384 empresas de las cuales un 98% son pymes (Andalucía, 2020; Diéguez Soto et al., 2019). En este contexto existen una gran competencia en las pymes andaluzas y una de las claves para diferenciarse es proponer planes de innovación centradas en la digitalización con enfoque de Industria 4.0 y la introducción de tecnologías emergentes como inteligencia artificial que aporten un valor añadido (Melero Rus et al., 2022).

La revisión de la literatura desarrollada tiene su origen en la necesidad de aplicar el concepto Lean 4.0 al contexto de modernización de una empresa Andaluza dedicada al diseño y fabricación de mobiliario, pasando de un estado inicial de fabricación de tipo artesanal a un estado final que cumpla con los estándares de la Cuarta Revolución Industrial (Industria 4.0), tomando como base los paradigmas de la fabricación Lean (Lean Manufacturing), pensamiento Lean (Lean Thinking) y gestión Lean (Lean Management).

El objetivo sería localizar aquellos elementos sobre los que se debe actuar para maximizar los resultados de la modernización, atendiendo a los recursos limitados de los que suelen disponer la Pequeñas y Medianas Empresas (pymes) y pudiendo realizar mejoras continuas mediante técnicas de Lean como Seis Sigma. Todo esto requiere conocimiento actualizado sobre un amplio dominio en el cual confluyen Lean Manufacturing (LM) e Industria 4.0 (I4.0), justificando esta revisión sistemática.

Desde hace décadas, el crecimiento de la competitividad en el mercado ha motivado a las empresas para la mejora de sus productos, procesos y estructuras organizacionales en búsqueda continua de la eficiencia (Sartal et al., 2022). Recientemente se están produciendo cambios en el mercado como la reducción del time to market, el crecimiento en los niveles y capacidades de la digitalización y las nuevas relaciones con los clientes, que lo hacen más dinámico y obligan a las empresas a reinventarse y replantear sus estrategias (Valamede et al., 2020). Los nuevos consumidores de la era digital se diferencian por sus necesidades diversas y las altas expectativas que las acompañan, las cuales esperan ser atendidas de forma rápida y efectiva por parte de las organizaciones.

Es por todo lo anterior que, tanto desde la Industria como el ámbito académico, se está resaltando la necesidad de adoptar nuevas actitudes con el advenimiento de la era digital. En el caso de las empresas dedicadas a la fabricación (organizaciones de mayor interés dentro del contexto en el que se realiza esta revisión de la literatura), los intentos por asegurar su competitividad están consistiendo en la mejora de sus procesos, persiguiendo una tripla compuesta por la calidad, productividad y bajo coste, a través de las capacidades propias de los Sistemas Avanzados de Fabricación como son la descentralización, integración, automatización y producción libre de desperdicios. La empresa de fabricación busca dominar por tanto el reto de la fabricación flexible y en masa de productos altamente customizados (Ghobakhloo & Fathi, 2020).

2. Objetivos

Los objetivos de este trabajo están relacionados con las preguntas que aborda la revisión, donde se ha utilizado la aproximación CIMO (Denyer & Tranfield, 2009), consistente en responder a una serie de preguntas propuestas relativas al Contexto (Context), Influencia

(Intervention), Mecanismo (Mechanism) y Resultado (Outcome) de la revisión sistemática a producir.

De las respuestas a las preguntas propuestas por la metodología CIMO se infieren los siguientes objetivos:

- Recopilación de avances en el dominio Lean 4.0 aplicables a la auditoría Lean.
- Reconocimiento de tendencias, últimas publicaciones y desarrollos en el dominio Lean 4.0, con especial atención a su implementación y explotación.

Los objetivos anteriores se consideran suficientemente claros para poder realizar una búsqueda bibliográfica que responda a las necesidades del trabajo de investigación, aportando además al estado de la técnica como recomienda Gómez-Luna et al. (2014).

3. Metodología

3.1 Criterios de elegibilidad y fuentes de información

Se especifican los criterios y características considerados para aceptar las publicaciones que forman parte de la revisión. Atendiendo al tipo de publicación, se analizarán principalmente publicaciones en revistas, actas de congresos, libros y capítulos de libros en un intervalo temporal desde 2011 a 2022.

La información utilizada en este trabajo fue recogida de la base de datos Web of Science (WoS), por las razones expuestas por Strozzi et al. (2017). De todas las bases de datos que componen WoS, únicamente se ha considerado la Web of Science Core Collection, al proveer la información más completa, precisa y fiable de forma uniforme entre todas las publicaciones.

3.2 Palabras clave

La identificación de las palabras clave se realizó identificando diferentes sinónimos de “Lean 4.0”, debido a que la concepción del término como integración de métodos de Lean Manufacturing y facilitadores tecnológicos de la Industria 4.0 pudo haber sido posterior a publicaciones en las cuales ya se tratara ese asunto, o incluso estar ausente en publicaciones recientes y de potencial interés. Dichos sinónimos son: “Lean Industry 4.0”, “Lean 4.0 Manufacturing” y “Lean Manufacturing 4.0”.

Por otro lado, se han considerado diferentes sinónimos para “Industria 4.0”: “Smart Manufacturing”, “Intelligent Manufacturing” y “Ubiquitous Manufacturing”, así como “Smart Manufacturing” en representación de plantas industriales donde se hayan implementado facilitadores tecnológicos correspondientes a la Cuarta Revolución Industrial.

3.3 Ecuaciones de búsqueda

En la Tabla 1, se presenta una lista de las distintas ecuaciones de búsqueda introducidas en el buscador de WoS, en las condiciones descritas anteriormente (opción de búsqueda de documentos en la Web of Science Core Collection y para todos los campos), y la cantidad de resultados obtenidos.

Tabla 1. Ecuaciones de búsqueda y resultados en WoS

Ecuación de búsqueda	n=
“Lean 4.0” OR “Lean Industry 4.0” OR “Lean 4.0 Manufacturing” OR “Lean Manufacturing 4.0”	39

Ecuación de búsqueda	n=
"Lean Manufacturing" AND "Industry 4.0"	167
"Lean Manufacturing" AND "Smart Manufacturing"	27
"Lean Manufacturing" AND "Intelligent Manufacturing"	6
"Lean Manufacturing" AND "Ubiquitous Manufacturing"	1
"Lean Manufacturing" AND "Smart Factory"	8
TOTAL:	248
TOTAL, descartando duplicados:	197

El descarte de los resultados publicados se ha hecho automáticamente con el sistema de WoS de listas marcadas. Se generó una lista marcada personal con el nombre "SLR Lean 4.0" en la cual ir volcando los resultados de cada ecuación de búsqueda, encargándose WoS de no guardar en la lista resultados que ya estuvieran previamente en ella. Muchas de las publicaciones de interés asociadas al término Lean manufacturing o Lean 4.0 y SMEs (Pymes) se encuentran entre las 197 publicaciones anteriores.

3.4 Proceso de selección de estudios

El proceso está basado en el Análisis Sistemático de la Red de la Literatura (Systematic Literature Network Analysis, SLNA), consistiendo en dos fases. El resultado de la primera fase es un grupo de publicaciones que analizar en la segunda fase (Strozzi et al., 2017).

3.4.1 Revisión Sistemática de la Literatura.

Se trata de la primera fase del proceso, e incluiría pasos que ya se han dado: la determinación del alcance del análisis (en esta revisión empleando la aproximación CIMO), la localización de publicaciones mediante palabras clave y su criba mediante criterios temporales, idioma, tipo de documento, etc.

Inicialmente se han tomado las 197 publicaciones obtenidas al introducir las ecuaciones de búsqueda definidas en el buscador de documentos de WoS. La búsqueda se realizó considerando documentos desde el 2011 hasta la actualidad. Al incluir el intervalo temporal de los años 2011 hasta 2022 se descartó 1 publicación por pertenecer al año 2008 (publicaciones tras el sesgo n=196).

El motivo de tomar el año 2011 como año de partida es por el surgimiento del término "Industria 4.0" por primera vez en la feria de Hannover (Lee, 2013), cabe destacar que los facilitadores tecnológicos de la Cuarta Revolución Industrial (análisis Big Data, vehículos autónomos AVG, simulaciones, ciberseguridad, la Nube, fabricación aditiva y realidades virtual y aumentada) ya existían desde varias décadas antes en un estado menor de maduración.

Por tanto, la primera fase concluye con la selección de 196 publicaciones de potencial interés que serán cribadas/analizadas en la segunda fase.

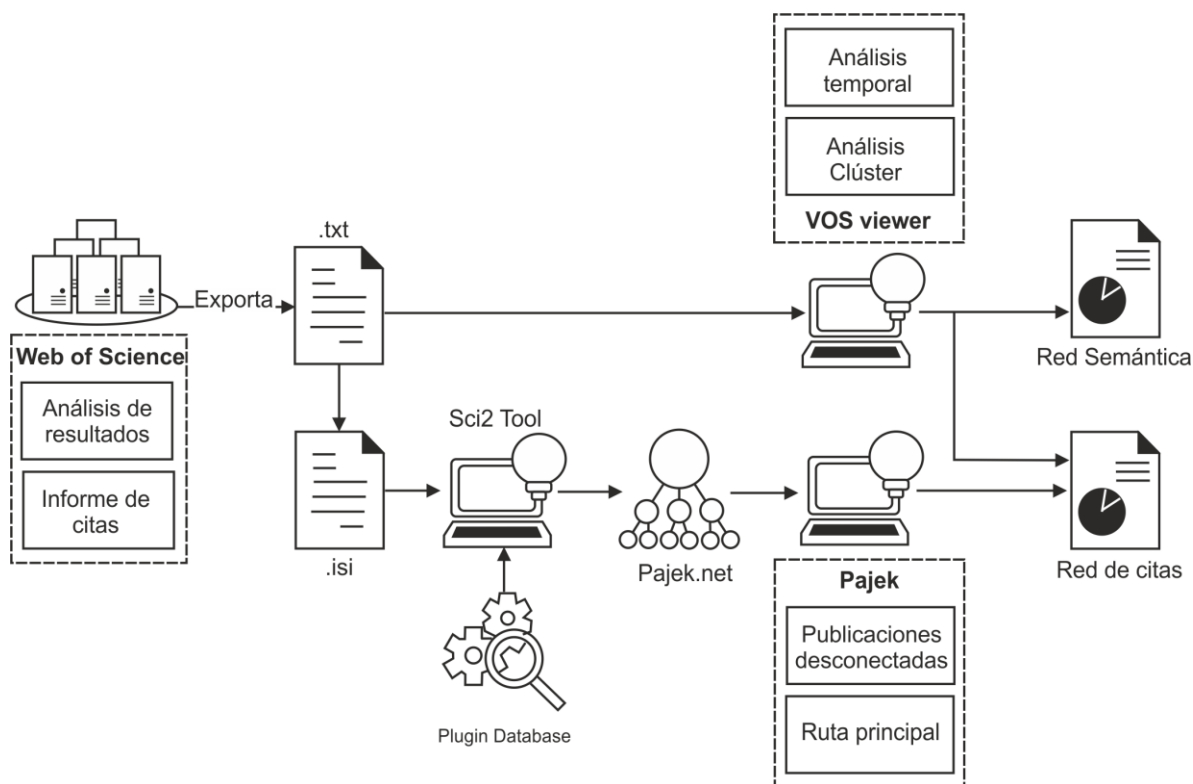
3.4.2 Análisis de la red bibliográfica.

Es la segunda fase del proceso SLNA se incluye tanto la creación de una red de citas (citation network) y una red semántica (semantic network, también llamada co-occurrence network) como el análisis de las mismas para llegar a las primeras conclusiones sobre el dominio y poder elegir las publicaciones de mayor interés que deberán ser consultadas individualmente.

La Figura 1 nos muestra el proceso de creación de la red de citas y red semántica. La red de citas se construye mediante el empleo de la Web of Science Core Collection y de Sci2 Tool.

En el caso de esta revisión sistemática, se ha utilizado el plugin Database (Weingart & Ginda, 2015) para trabajar de forma más precisa con el archivo .ISI del que se obtiene una red que incluye únicamente las 196 publicaciones del análisis (excluyendo el resto de las referencias) como se explica en Waltman et al. (2014). Además del uso de Sci2 Tool y Pajek la red de citas se construye con el uso de VOSviewer. Para el caso de la red semántica (Co-occurrence network of author's keywords) el software VOSviewer nos permite construir redes a partir del archivo .txt exportado de Web of Science.

Figura 1. Flujo de trabajo para la creación de la Red de Citas y la Red Semántica.



4. Resultados

Para el análisis de redes, se ha hecho una adaptación respecto al ejemplo SLNA aplicado al concepto Smart Factory de Strozzi et al. (2017), consistiendo en aprovechar los recursos (lista de publicaciones guardada en WoS, red semántica y redes de citas en VOSviewer y Pajek) y herramientas (WoS, VOSviewer y Pajek) para purgar/seleccionar publicaciones como se muestra en la Figura 1.

4.1 Análisis de la Web of Science

Se ha regresado a la lista marcada generada en WoS "SLR Lean 4.0", la cual contiene 196 publicaciones de interés en el dominio Lean 4.0. Antes de analizar las redes de citas y semántica recientemente generadas, hacemos uso de las herramientas de análisis que ofrece WoS: analizar resultados e informes de citas.

Entre las opciones que ofrece el análisis de resultados de WoS se han comentado: campos del conocimiento al que pertenecen las publicaciones, tipos de documentos, etc., todas ellas ayudan a tener una visión general del dominio Lean 4.0.

4.1.1 Análisis de resultados: Citation Topics Meso

Refina los resultados de la búsqueda a un nivel más granular. En la Tabla 2 se muestra la temática de las citas agrupada algorítmicamente en función de las relaciones de las citas.

Tabla 2. WoS Analyse Results: Citation Topics Meso

Campo	Cantidad	% de los 196
4.224 Diseño y Fabricación	86	43,878
6.3 Gestión	57	29,082
4.84 Cadena de Suministros y Logística	9	4,592

4.1.2 Análisis de resultados: Tipo de documento

Las publicaciones en revistas y actas de congresos aglutinan el 92% de la lista, siendo además un 9,184% Early Access (publicaciones accesibles online antes de la salida de la revista/libro en la que está integrada), un 8,673% son revisiones de la literatura y sólo un 0,51% corresponde a capítulos de libros.

Todo lo anterior indica que el dominio Lean 4.0 estaría aún en desarrollo, al no existir por ejemplo libros monográficos sobre el mismo. En la Tabla 3 se muestra la cantidad de publicaciones y actas de congresos asociadas al término.

Tabla 3. WoS Analyse Results: Document Types

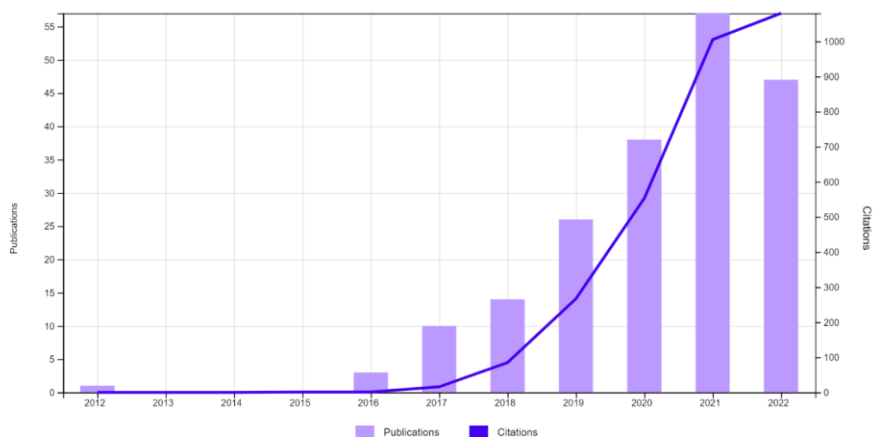
Tipo de documento	Cantidad	% de los 196
Publicación en revista	100	51,020
Acta de Congreso	82	41,837
TOTAL:	182	92,857

4.1.3 Informe de Citas: Para el periodo 2011-2022.

Con respecto al informe de Citas, interesa principalmente la evolución del número de citas y publicaciones en el tiempo y las publicaciones más citadas durante toda la serie histórica y recientemente.

Las publicaciones alcanzaron el máximo absoluto en 2021 como se muestra en la Figura 2, pero la caída en el número de publicaciones en el año 2022 es lo suficientemente leve como para pensar que el dominio Lean 4.0 está madurando, pasando de un crecimiento explosivo de publicaciones prospectivas a estabilizarse.

Figura 2. WoS Citation Report. Times Cited and Publications Over Time.



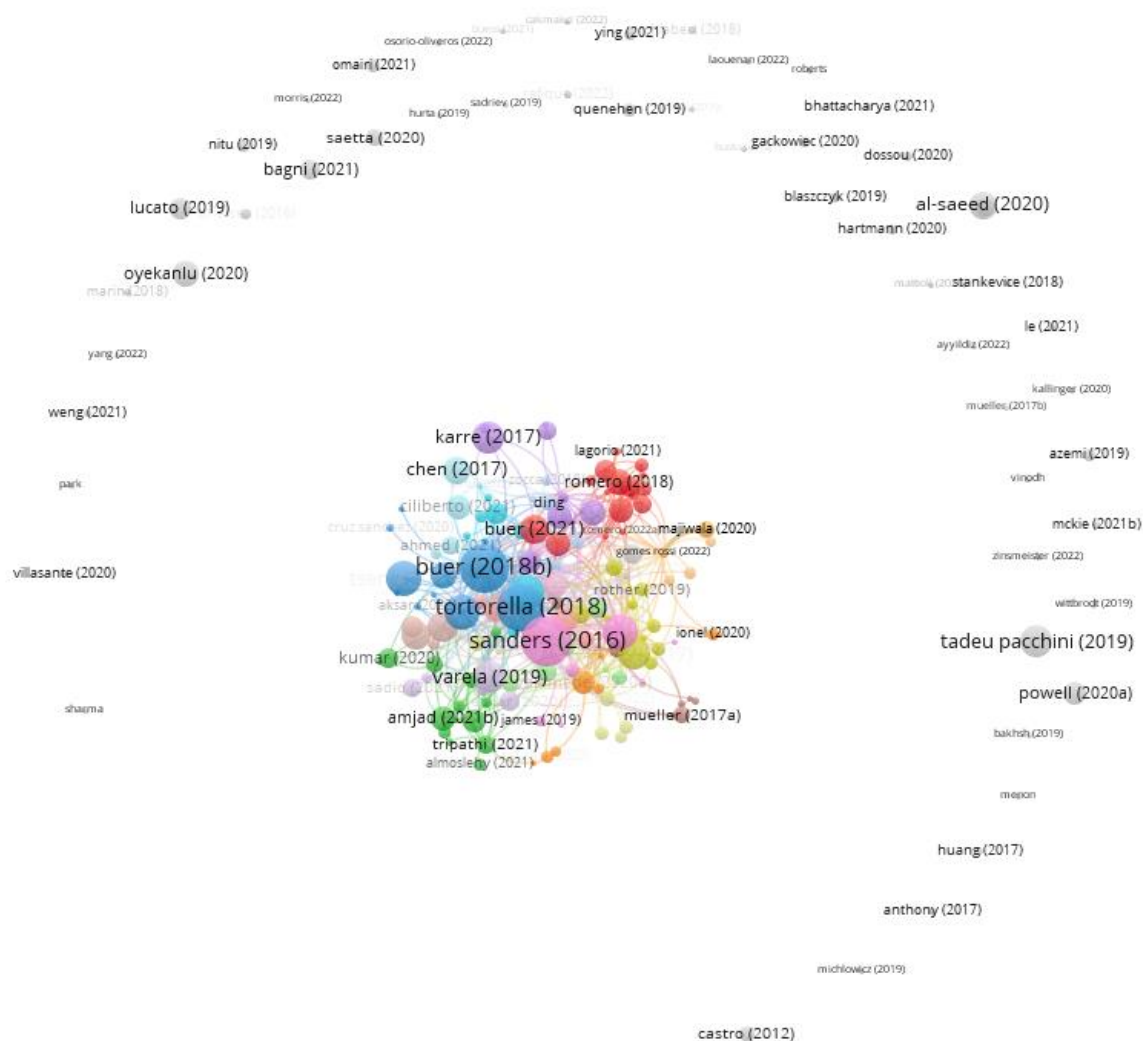
Análogamente, si bien el número de citas en 2022 es máximo absoluto, el ritmo de crecimiento se ha ralentizado y la explicación podría ser de nuevo el paso del dominio a un nuevo estado de madurez.

Citas por publicación en el periodo histórico 2011-2022: se han apartado las 20 publicaciones más citadas y de entre ellas, mediante una primera lectura de sus títulos y resúmenes (considerando interés de estos y año de publicación de la revista) se han seleccionado 5 publicaciones de especial interés para posterior propuesta de selección.

4.2 Análisis de la Red de citas

Empleando Pajek para ordenar las 196 publicaciones originales puede apreciarse la existencia de un clúster numeroso de publicaciones con citas entre ellas y también la existencia de un cierto número de publicaciones fuera de dicho clúster que no citan a otras de las 196 publicaciones de interés. Éstas últimas, que Pajek muestra como nodos inconexos, pueden ser purgadas de la revisión sistemática al suponer que no son de utilidad para describir las tendencias del dominio Lean 4.0. Lo anterior también puede verse con facilidad mediante el empleo del software VOSviewer como se muestra en la Figura 3.

Figura 3. Red de citas en VOSviewer.



En la Figura 3 podemos apreciar un gran clúster central y alrededor las publicaciones aisladas. En total, 49 publicaciones de las 196 anteriores se encuentran aisladas en la Red de Citas y podrían ser descartadas. Tras leer los títulos/resumen/palabras clave de las 49 publicaciones propuestas para descartar por estar desconectadas de la red de citas, se ha considerado recuperar 14 de ellas por su potencial interés (Page et al. 2021). Por tanto, 35 publicaciones son descartadas por estar desconectadas de la red de citas y no considerarse de suficiente interés en este estudio.

Tras esta purga, quedarían 161 publicaciones de interés. En la Tabla 4 queda resumido el proceso:

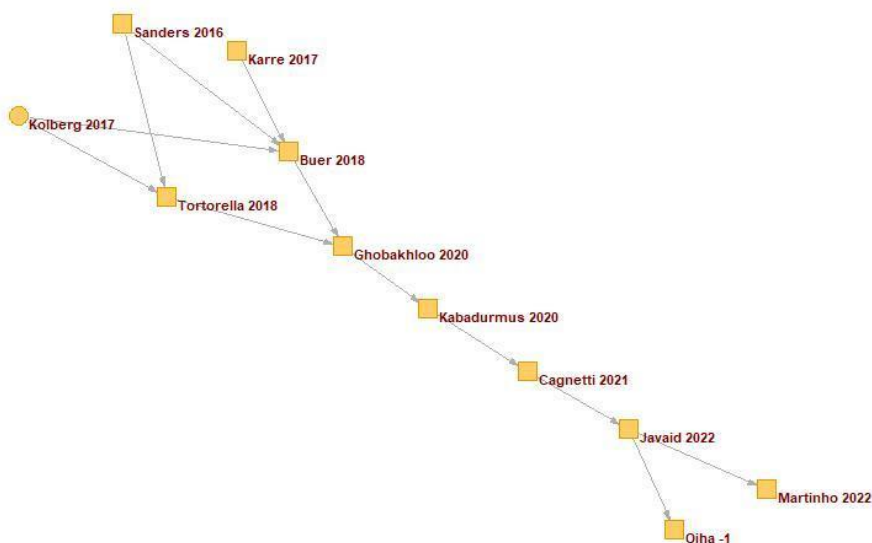
Tabla 4. Proceso de purga por desconexión con la red de citas y efecto sobre las publicaciones de interés originales.

Concepto	n=
Publicaciones de interés originales	196
Publicaciones propuestas a descartar por aislamiento en la red de citas	49
Publicaciones aisladas recuperadas	14
Publicaciones aisladas descartadas	35
Publicaciones de interés, actualmente	161

Tomando la Red de citas generada en Pajek, se ha encontrado la ruta principal. Se entiende por ruta principal la tendencia evolutiva más extensa en número de publicaciones, compuesta por un conjunto de publicaciones conectadas a través de citas a lo largo del tiempo. Se deben distinguir dos tipos de publicaciones: de tipo fuente (source) y de tipo sumidero (sink). Las primeras sólo son citadas por otras publicaciones de la ruta, mientras que las segundas únicamente citan publicaciones anteriores en la ruta.

La ruta principal estaría compuesta por 11 publicaciones como las mostradas en la Figura 4, creando una tendencia que arranca en 2016-2017 con 3 publicaciones de tipo fuente (source) y llega hasta el año 2022 con 3 publicaciones de las cuales 2 serían de tipo sumidero (sink). Habiendo localizado las publicaciones de la ruta principal con Pajek, se listaron y se seleccionaron aquellas que, tras haber leído título/resumen, resultaron de especial interés.

Figura 4. Ruta principal de la red de citas en orden cronológico (ascendente).



4.3 Análisis de la red semántica

Según la Red Semántica, el término Lean 4.0 aparece en las publicaciones anteriores con más frecuencia junto con las siguientes palabras clave mostrada es la Tabla 5.

Tabla 5. Palabras clave de la red semántica.

Palabra clave	Clúster	Instancias
Lean Manufacturing	1	6
Industry 4.0	3	6
Management	2	3
Framework	4	2
Systems	5	2
Future	1	1
Implementation	2	1
Continuous Improvement	2	1
Productivity	2	1
Systems	3	1
Automation	3	1
Smart Manufacturing	3	1
6 Sigma	4	1
Green	4	1
Supply Chain	4	1
Performance	4	1
Tools	4	1
Integration	4	1
Model	5	1
Improvement	5	1
Lean Management	5	1

La red semántica también ha servido para reconocer otros términos sinónimos a Lean 4.0:

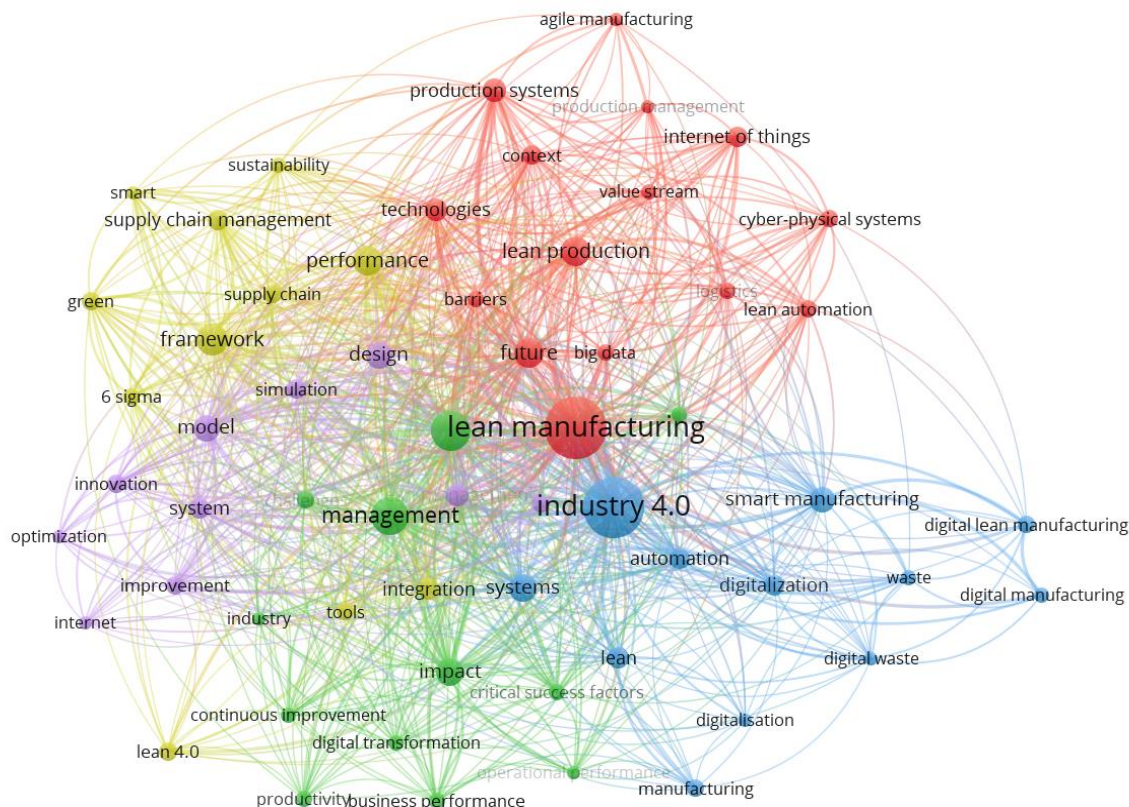
- Digital Lean Manufacturing.
- Lean Automation.

El software VOSviewer divide la red semántica en 5 clústeres como se muestra en la Figura 5. Reconocerlos ayudará a diferenciar tendencias dentro del dominio Lean 4.0.

- Clúster 1 (15 palabras clave): Domina el término Lean Manufacturing, alguno de sus sinónimos como Lean Production o variantes híbridas con Industria 4.0 (Lean Automation) y sus tecnologías (IoT, Cyber-Physical Systems...).
- Clúster 2 (12 palabras clave): Dominan los términos Implementación y Gestión. Está orientado a cuestiones relativas a la incorporación en sistemas y entornos de técnicas Lean, tecnologías de la Industria 4.0 o el salto a Lean 4.0, sus retos y sus oportunidades para las empresas.
- Clúster 3 (12 palabras clave): Domina el término Industria 4.0, seguido de uno de sus sinónimos (Smart Manufacturing) y algunas de sus características/tecnologías (Automation, Digitalization) y retos (Digital Waste).
- Clúster 4 (11 palabras clave): Dominan los términos Marco y Rendimiento. Contiene el término Lean 4.0.

- Clúster 5 (10 palabras clave): Compartido por términos sobre todo tipo de actividades que pueden aplicarse en Lean Manufacturing, Industria 4.0 o Lean 4.0.

Figura 5. Red semántica en VOSviewer



Mediante los métodos anteriores se han seleccionado 57 publicaciones para la propuesta de selección. En detalle, cada método o fase de los métodos aportó a la lista las cantidades mostradas en la Tabla 6.

Tabla 6. Origen de los estudios propuestos para selección

Método	n =
Las 20 publicaciones más citadas	5
Publicaciones aisladas de la red de citas	14
Publicaciones de la ruta principal	4
Clústeres de publicaciones: Clúster 1 (n=4); Clúster 2 (n=1); Clúster 4 (n=4); Clúster 5 (n=4); Clúster 6 (n=3); Clúster 7 (n=2); Clúster 8 (n=1); Clúster 9 (n=3); Clúster 10 (n=4); Clúster 11 (n=3); Clúster 12 (n=2); Clúster 13 (n=3); Clúster 14 (n=2); Clúster 15 (n=1); Clúster 16 (n=2); Clúster 17 (n=1) y Clúster 18 (n=2)	
TOTAL	65
TOTAL (sin duplicados)	57

Para que un estudio haya sido propuesto como candidato a ser seleccionado, además de desatacar en alguno de los métodos recogidos anteriormente se ha considerado título, resumen y palabras clave.

La extracción de los datos se realizó empleando métodos cualitativos: lectura comprensiva de los títulos, palabras clave, resúmenes y conclusiones de las publicaciones propuestas para selección, así como repaso general de la introducción, revisiones de la literatura de cada publicación, métodos empleados, casos de estudio, resultados y discusiones.

A partir del proceso anterior de extracción de datos, se eligieron 44 publicaciones de especial interés que serían estudiadas en mayor profundidad y que se encuentran en el contexto de la pequeña y mediana empresa para posteriormente proyectarlos de cara a su modernización.

Todos los estudios con los que se ha trabajado en la revisión están recogidos en la Web of Science Core Collection, por tanto, el riesgo de sesgo de los estudios individuales puede considerarse nulo teniendo en cuenta lo siguiente:

“El proceso de curación para Web of Science Core Collection es único: nuestras decisiones editoriales las llevan a cabo nuestros editores internos expertos que no tienen afiliaciones con editoriales o institutos de investigación, lo que elimina cualquier sesgo potencial o conflicto de intereses” (Mangan, 2019).

5. Conclusiones

Del análisis desde Web of Science se infiere que la mayoría de las publicaciones del dominio corresponden a los campos de Diseño, Fabricación y Gestión.

Sobre los tipos de documentos, la mayoría son publicaciones en revistas y actas en congresos, con un 10% de los mismos en Early Access y un 8% revisiones de la literatura. Esto indicaría que el dominio Lean 4.0 estaría aún en desarrollo (no existen libros monográficos).

Del informe de citas y número de publicaciones anual, se puede interpretar que el dominio Lean 4.0 está madurando: pasa de un crecimiento explosivo en número de publicaciones por año a estabilizarse.

Del análisis de la Red de Citas, se deduce que, a partir de las publicaciones de la red de citas, se puede decir que la red de citas está muy interconectada: de 196 publicaciones, únicamente 49 están aisladas. Esto demuestra un alto grado de dependencia y colaboración entre los investigadores dedicados a este dominio.

A partir de la ruta principal de la red de citas, se observa que posee cierta estabilidad: comienza en 2016 y continúa hasta la actualidad (2022). Eso indica la existencia de líneas de investigación del dominio que no están estancadas y siguen evolucionando de forma paulatina.

A partir de los clústeres, se observa que los más poblados son aquellos que tratan sobre los temas siguientes: (1) Técnicas, herramientas y algunos aspectos de gestión de sistemas Lean 4.0 o incorporación de facilitadores tecnológicos I4.0 a sistemas Lean ya establecidos; (2) Cuestiones de sostenibilidad relacionados al dominio Lean 4.0 en las Pymes; (3) Cuestiones fundamentales de la integración entre Industria 4.0 y Lean Manufacturing, y experiencias en casos de aplicación reales de Pymes.

Por otro lado, entre los clústeres los más citados son aquellos cuyas publicaciones tratan cuestiones fundamentales de la integración entre Industria 4.0 y Lean Manufacturing y experiencias en casos reales.

Finalmente, en el análisis de la Red Semántica el término Lean 4.0 aparece en las publicaciones con mayor frecuencia junto con las siguientes palabras clave: Lean Manufacturing, Industry 4.0, Management, Framework, Systems. Esto ha servido para conocer otros sinónimos de Lean 4.0: Digital Lean Manufacturing y Lean Automation.

Las palabras clave más recientes, según su año de aparición medio son: Continuous, Improvement, Industry, Tools, Critical Success Factors, Methodology, Operational Performance, Business Performance, 6 Sigma, Implementation, Technologies, Information and Simulation. Todas ellas tienen un año de aparición medio de 2021 o más reciente.

6. Referencias

- Andalucía, J. de. (2020). *Central de Balances de Actividad Empresarial en Andalucía*. Disponible en:
https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/badea/operaciones/consulta/anual/23361?CodOper=b3_2114&codConsulta=23361
- Denyer, D., & Tranfield, D. (2009). *Producing a systematic review*. En: D. A. Buchanan & A. Bryman (Eds.), *The Sage handbook of organizational research methods*. Londres: Sage Publications Ltd. <https://psycnet.apa.org/record/2010-00924-039>
- Diéguez Soto, J., Escobar Pérez, B., Gómez Miranda, M. E., Miras Rodríguez, M. del M., Rodríguez Ariza, L., & Ruiz Palomo, D. (2019). Digitalización y responsabilidad social en la pyme. Informe de la pyme andaluza. 24. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20741.60646>
- Ghobakhloo, M., & Fathi, M. (2020). Corporate survival in Industry 4.0 era: the enabling role of lean-digitized manufacturing. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(1), 1–30. <https://doi.org/10.1108/JMTM-11-2018-0417>
- Gómez-Luna, E., Fernando-Navas, D., Aponte-Mayor, G., Luis, & Betancourt-Buitrago, A. (2014). Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización. *DYNA*, 81(184), 158–163. <https://doi.org/10.15446/dyna.v81n184.37066>
- Lee, J. (2013). *Industry 4.0 in Big Data Environment*. German Harting Magazine Technology Newsletter, 26, 8-10. Disponible en línea en:
https://www.researchgate.net/publication/285163697_Industry_40_in_Big_Data_Environment
- Mangan, R. (2019). *Web of Science - Manual de Uso*. Disponible en:
https://www.recursoscientificos.fecyt.es/sites/default/files/spanish_manual_09_10_2019.pdf
- Melero Rus, F. J., Chiachio Ruano, J., Espinilla Estévez, M., Fuentes Fuentes, M. del M., Martínez Cámara, E., Ventura Soto, S., & Zarco Fernández, C. (2022). Informe sobre el uso de la inteligencia artificial en la empresa andaluza (p. 93). p. 93. Confederación de Empresarios de Andalucía (CEA).
- Page, M. J.; McKenzie, J. E.; Bossuyt, P. M.; Boutron, I.; Hoffmann, T. C.; Mulrow, C. D. (2021): *The PRISMA 2020 statement. An updated guideline for reporting systematic reviews*. En: *BMJ* 372. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Sartal, A., Llach, J., & León-Mateos, F. (2022). Do technologies really affect that much? exploring the potential of several industry 4.0 technologies in today's lean manufacturing shop floors. *Operational Research*, 22(5), 6075–6106. <https://doi.org/10.1007/S12351-022-00732-Y>
- Strozzi, F., Colicchia, C., Creazza, A., Noè, C., Strozzi, F., Creazza, A., & Noè, C. (2017). *Literature review on the "Smart Factory" concept using bibliometric tools*. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1326643>
- Valamede, L. S., Cristina, A., & Akkari, S. (2020). Lean 4.0: A New Holistic Approach for the Integration of Lean Manufacturing Tools and Digital Technologies. *International Journal*

of Mathematical, Engineering and Management Sciences, 5(5), 851–868.
<https://doi.org/10.33889/IJMEMS.2020.5.5.066>

Waltman, L., Yan, E., Waltman, L., & Yan, E. (2014). PageRank-Related Methods for Analyzing Citation Networks. *Measuring Scholarly Impact*, 83–100.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-10377-8_4

Weingart, S., & Ginda, M. (n.d.). *Sci2 Manual : 3.2 Additional Plugins*. Disponible en línea en:
https://sci2.wiki.cns.iu.edu/3.2-Additional-Plugins_2200284.html

Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

