





# Use of Industry 4.0 tools in the phases of the supply chain: Systematic Review





Luis M. Hernandez<sup>1</sup> , Marck A. Pizarro<sup>2</sup> , Felix R. Guillen<sup>3</sup> , and William C. Algoner<sup>4</sup>   
<sup>1,2,3,4</sup> Universidad Tecnológica del Perú, [1629013@utp.edu.pe](mailto:1629013@utp.edu.pe), [u18306478@utp.edu.pe](mailto:u18306478@utp.edu.pe), [c23675@utp.edu.pe](mailto:c23675@utp.edu.pe),  
[walgoner@utp.edu.pe](mailto:walgoner@utp.edu.pe)

*Abstract— The complexity of the supply chain has influenced large companies. That is, the one who dominates the supply chain will obtain a competitive advantage in the market, so many organizations are looking for ways to improve it through new technologies such as Industry 4.0. The research study aims to find and describe the Industry 4.0 tools that affect the performance of the supply chain phases. The research work method begins by searching for sources using the PICO strategy from 2019 to 2024. 340 records were found in Scopus, 170 in Web of Science, and 48 articles were approved. The research results indicate that the Internet of Things, big data, artificial intelligence, and blockchain improved the performance of the different phases of the supply chain. The conclusion of this study indicates that coordination, communication, and transparency between departments and suppliers were improved in the entry phase. Likewise, in the process phase, production was optimized through the efficiency of operations and timely delivery of materials. Finally, in the output phase, customer satisfaction improves by meeting product require*

*Keywords—Industry 4.0, Supply Chain, Technology, industrial processes, I4.0*

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LEIRD).  
ISSN, ISBN: (to be inserted by LEIRD).  
DO NOT REMOVE

# Uso de herramientas de la industria 4.0 en las fases de la cadena de suministro: Revisión Sistemática

Luis M. Hernandez<sup>1</sup> , Marck A. Pizarro<sup>2</sup> , Felix R. Guillen<sup>3</sup> , and William C. Algoner<sup>4</sup>   
<sup>1,2,3,4</sup> Universidad Tecnológica del Perú, [1629013@utp.edu.pe](mailto:1629013@utp.edu.pe), [u18306478@utp.edu.pe](mailto:u18306478@utp.edu.pe), [c23675@utp.edu.pe](mailto:c23675@utp.edu.pe),  
[walgoner@utp.edu.pe](mailto:walgoner@utp.edu.pe)

**Resumen**— *La complejidad de la cadena de suministro ha influenciado en las grandes empresas. Es decir, aquel que domina la cadena de suministro obtendrá ventaja competitiva en el mercado, por ello muchas organizaciones buscan la manera de mejorarlo a través de nuevas tecnologías como industria 4.0. El objetivo del estudio de investigación es encontrar y describir las herramientas de la industria 4.0 que afectan en el rendimiento de las fases de la cadena de suministro. El método de trabajo de investigación comienza por la búsqueda de fuente mediante la estrategia PICO desde el año 2019 al 2024. Se encontró 340 registros en Scopus y 170 registros en Web of Science y aprobaron 48 artículos. El resultado de la investigación señala que el internet de las cosas, el big data, la inteligencia artificial y el blockchain mejoraron el rendimiento de las diferentes fases de la cadena de suministro. La conclusión de este estudio señala que se mejoró en la fase en entrada la coordinación, comunicación y transparencia entre departamentos y proveedores. Asimismo, en la fase de proceso se optimizó la producción mediante la eficiencia de operaciones y entrega a tiempo de materiales. Finalmente, en la fase de salida mejora la satisfacción del cliente por el cumplimiento de los requisitos de los productos.*

**Key-words**— *Industria 4.0, Cadena de Suministro, I4.0, Technology, Proceso Industriales*

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la globalización fue creciendo, lo que trajo como consecuencia una alta competitividad de las organizaciones empresariales y mayores exigencias de los clientes. Antiguamente, las empresas competían a través de la calidad de sus productos y bajo costos [1]. Las empresas en la actualidad buscan tener ventajas competitivas desde sus cadenas de suministros [2], ya que abarca desde las entregas que realiza el proveedor hasta la satisfacción del cliente. Por ello, es importante optimizar las cadenas de suministro, dado que es muy complejo y de no hacerlo perjudica a muchas áreas de la organización originando la insatisfacción de las partes interesadas. Operar de manera adecuada la cadena de suministro mejora la agilidad en la recepción y despacho de existencias, reduce consumo de recursos, reduce costos y mejora la satisfacción del cliente [3]. También, es importante la sincronización de todas las fases de la cadena de suministro ya sea de manera interna (fabricación) y externa (proveedores

y clientes) [4].

Sin embargo, las empresas actualmente sufren con el manejo adecuado de las cadenas de suministros ya que, por ser muy complejo e insostenible trae deficiencias en las fases de entrada como las demoras de los proveedores, fase de proceso como demoras de la producción y fase de salida como la insatisfacción del cliente. Asimismo, la demanda impredecible y exigente, la demora del transporte y falta de innovación contribuyen a este mismo problema [5]. Por ello, las tecnologías modernas como la industria 4.0 se está implementado en las cadenas de suministro de muchas empresas grandes con la finalidad de tener ventaja competitiva en el mercado. La industria 4.0 ha sido de mucha utilidad en diferentes áreas de una organización y puede ser fundamental en el manejo de la cadena de suministro, es por ello que se le da énfasis para observar que tipos de herramientas de la industria 4.0 pueden ayudar a las fases de la Cadena de Suministro (SC, por su sigla en inglés) y cuales obtuvieron los mayores resultados y eficientes. Estas industrias actuales pueden reducir los riesgos que sufre la cadena de suministro, visibilizar deficiencias en los diferentes procesos, y crear o mejorar integración de las partes interesadas [6]. Este estudio también permite dar información para saber cuáles son los rendimientos del usar estas herramientas de la Industria 4.0 y brindar información a los investigadores. Asimismo, Es importante entender cuáles son las deficiencias en las fases de la cadena de suministro y que tipos de herramientas usar para hacerle frente al problema de estas deficiencias. Por ello, el objetivo es conocer y describir que tipo de herramientas de la Industria 4.0 se deben utilizar para mejorar el rendimiento de las diferentes fases de la cadena de suministro. Para ello, se conocerá el panorama actual de la fase de entrada, proceso y salida de la cadena de suministro y clasificar las herramientas de la Industria 4.0 más eficaces para enfrentar las deficiencias de la cadena de suministro.

A continuación, la estructura de trabajo está formado de la siguiente manera. En la sección 2, nos encontramos con la estrategia PICO para obtención de información que se adecue al tema a través de una serie de preguntas de investigación y con la declaración de PRISMA para la exclusión y elección de fuentes que contribuyen al estudio de trabajo. En la sección 3, se haya los resultados de la descripción del trabajo con respecto al rendimiento de las herramientas de la industria 4.0 en la cadena de suministro a través de extracción de información, redacción, tablas y gráficos estadísticos. En la sección 4, se darán las discusiones de los resultados con respecto al estudio. Finalmente, en la sección 6 se darán las conclusiones y limitaciones.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LEIRD).  
ISSN, ISBN: (to be inserted by LEIRD).  
DO NOT REMOVE

## II. METODOLOGÍA

### A. Estrategia de búsqueda sistemática

Para realizar este estudio, se efectuó una Revisión Sistemática de la Literatura (RSL) para obtener una búsqueda completa de los documentos. Por ello, se utilizó la estrategia PICO para obtener resultados que orienten al tema de investigación a realizar. Por ello, la pregunta de investigación (RQ) que se realizó fue **¿Que herramientas de la industria 4,0 se utilizaron para determinar el rendimiento en las fases de la cadena de suministro en el sector industrial?**

Además, se formaron subpreguntas las cuales fueron:

- **RQ1: ¿Qué obstáculos se obtienen en la gestión de la cadena suministro?**
- **RQ2: ¿Que herramientas de la industria 4.0 se propone para optimizar la gestión de cadena de suministro?**
- **RQ3: ¿Cual fue el rendimiento de las herramientas de las tecnologías 4.0 en la gestión de la cadena de suministro?**
- **RQ4: ¿En que sector más se utilizó más las herramientas 4.0 en la gestión de la cadena de suministro?**

Para ello se especificó los componentes de la estrategia PICO dando como “P” como cadena de suministro, “I” como herramientas de la industria 4.0 en el proceso de fabricación, “O” como rendimiento en los procesos de fabricación de la cadena de suministro”. Asimismo, en esta estrategia no se utilizará el componente “C”, ya que estamos realizando una Revisión Sistemática de la Literatura.

Se adjunta el siguiente cuadro para una mejor orientación de la estrategia PICO (ver TABLA I).

TABLA I.  
COMPONENTENS DEL PICO.

Problema	Intervención	Comparación	Resultados
Obstáculos en la gestión de la cadena de suministro	Herramientas de la industria 4.0 en los procesos industriales		Rendimiento de los procesos industriales

Para realizar la obtención de documentos según la estrategia de PICO, se utilizó las bases de datos *Scopus* y *Web of Science*, el cual se realizó la búsqueda el 2 de mayo del 2024.

Se utilizó una ecuación de datos con las palabras claves de cada componente de la estrategia PICO. A continuación, se junta el TABLA II para visualizar las palabras claves.

TABLA II  
PALABRAS CLAVES DE CADA COMPONENTE.

P	Problema	Cadena suministro	
			“Supply Chain” or “Supply Chain management” or “Supply Chain Structure” or “Supply Chain Perfomance” or “supply

			chain modeling”
I	Intervención	Herramientas de la industria 4.0	"Industry 4.0" OR "new technology" OR "big data " OR "edge computing" OR "cloud cube model" OR "technology development" OR "state of the art technology" OR "artificial intelligence"
O	Resultados	Rendimiento de la cadena de suministro	“supply chain process” or “supply chain integration” or “supply chain performance analytics” or “supply chain capabilities”

Con las palabras claves que se obtiene la fórmula de ecuación de búsqueda, la cual es la siguiente:

(“Supply Chain” OR “Supply Chain Management” OR “Supply Chain Structure” OR “Supply Chain Performance” OR “supply chain modeling”) AND (“Industry 4.0” OR "new technology" OR "big data " OR "edge computing" OR "cloud cube model" OR "technology development" OR "state of the art technology" OR "artificial intelligence") AND (“supply chain process” OR “supply chain integration” OR “supply chain performance analytics” OR “supply chain capabilities”).

Estas fue utilizada considerando las bases de datos *Scopus* y *Web of Science*.

Debido a la cantidad de documentos obtenidos, la mayoría no se enfoca directamente a la pregunta de investigación dada. Por ello, se utilizó criterios de inclusión y exclusión para poder obtener documentos orientados al tema de investigación. Los cuales son los siguientes:

Definimos criterios de inclusión en base al contenido esperado de los artículos revisados.

CI1: Los estudios incluidos deben abordar temas con relación a la cadena de suministro.

CI2: Los estudios incluidos deben abordar temas con relación a las nuevas tecnologías 4.0.

CI3: Los estudios se han realizado en el sector industrial.

CI4: Los estudios presentan resultados de mejora de procesos.

Definimos criterios de exclusión en base a características no deseada en los documentos revisados.

CE1: Estudios anteriores al año 2019.

CE2: Publicación no corresponde a un “article”, “conference paper” o “review”.

CE3: Publicación distinta al idioma español o inglés.

### B. Procesos de selección de estudios

En la base de datos *Scopus* se obtuvo 340 registros y en la base de datos *Web of Science* se obtuvo 170 registros, estos datos se obtuvieron gracias a la ecuación de búsqueda mencionada anteriormente, de los cuales se eliminaron 87 registros por duplicidad, quedando 423 registros para examinar. Asimismo, se excluyó 126 registros por los filtros de automatización, ya que se eliminó 91 registros son obtenidos antes del año 2019, 35 registros por no ser “article, conference paper o review”. Además, para la ayuda de una mejor selección de documentos se utilizó la declaración PRISMA mediante la estrategia PICO, la cual ha facilitado la obtención de documentos para la nueva SRL, la cual eliminó 134 registros por criterios de exclusión (relación con el sector salud, sector económico, ambiental, etc.) quedando 163 documentos, 50 informes de color verde (documentos con relación al tema de investigación) y 13 informes en color amarillo (documentos que se deben leer a profundo para evaluar si los podemos utilizar para la nueva RSL). Después, de los 163 documentos que quedaron se realizó un filtro para visualizar si los documentos obtenidos se podían recuperar, la cual excluyó 100 documentos que no se podían recuperar, quedando 63 informes de libre acceso. Por último, por el filtro de criterios de inclusión se eliminaron 13 documentos que no tenían mucha relevancia con el tema de investigación y se eliminó 2 documentos por ser “retracted”, con el cual se obtuvo 48 informes que se utilizarán para la realización de la nueva RSL.

## III. RESULTADOS

Luego de revisar los datos extraídos de los 48 artículos seleccionados por la presente RSL, se responderá a las preguntas y sub-preguntas que se realizarán en la metodología para poder comprender mejor el impacto de las nuevas tecnologías 4,0 en las fases de la cadena de suministro en el sector industrial.

### A. Resultados Bibliométricos

#### A.1 Artículos según el año de publicación

Para una mejor comprensión de los documentos seleccionados, se escogieron investigaciones a partir del año 2019 hasta el 2024, ya que a partir del 2019 hay un punto de

inflexión en cuanto a las publicaciones del tema en general y siendo el año 2022, el año con mayores publicaciones (11). A continuación, se muestra la figura 2 con los años y la cantidad de publicaciones.

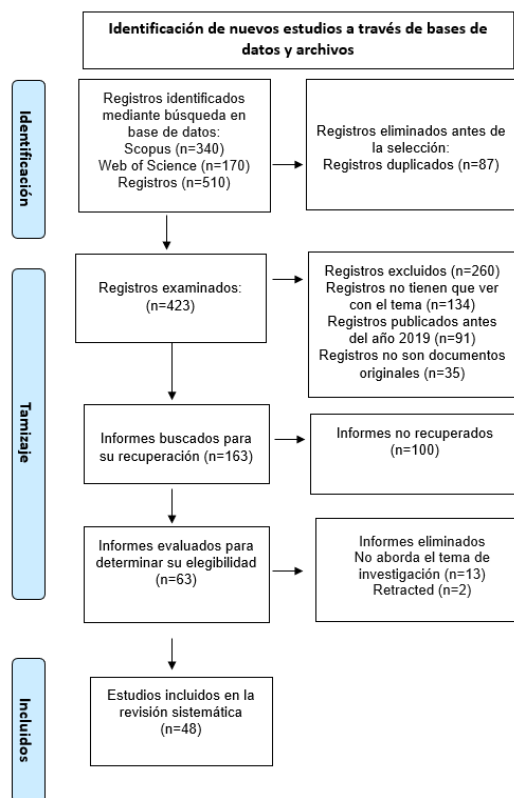


Fig 1. Diagrama de flujo PRISMA



Fig 2. Cantidad de estudios por año de publicación.

#### A.2 Artículos según su país de publicación

En el desarrollo de la investigación, se encontró 25 países que publicaron en el rango del 2019 al 2024, siendo China el ambos con 4 publicaciones. Asimismo, los países con 3 publicaciones son Estados Unidos, Malasia y Hungría. Por

último, le siguen otros países, pero tienen de 1 a 2 publicaciones en el rango de años establecidos tales como Francia, España, Estonia, Finlandia, etc. A continuación, en la figura 3, se mostrarán los datos obtenidos de la investigación.

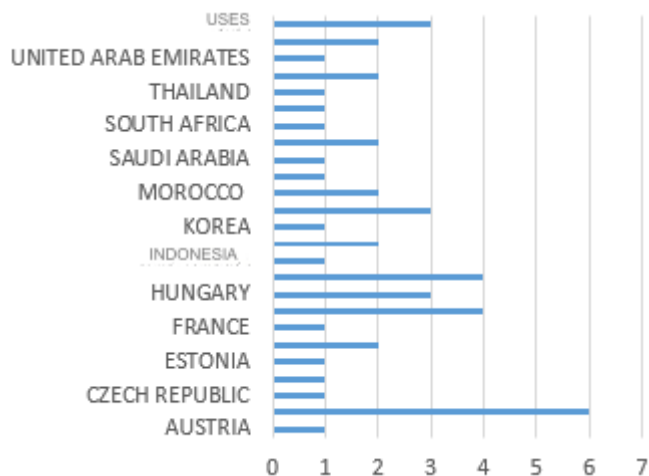


Fig 3. Cantidad de estudios por país de publicación.

### B. Resultados académicos

#### RQ 1: ¿Cuáles son las fases de la gestión de la cadena de suministro?

En la lectura de los artículos seleccionados, se encontró que existen 3 fases en la cadena de suministro, tales como fase inicial (planificación, abastecimiento, recepción de insumos, etc) [7], [8], fase media (todo lo que tenga que ver con la fabricación) y fase final (picking y despacho) [9], [10], [11].

#### RQ 1.1 Durante el estudio de diversas fuentes que fases de la Cadena de Suministro ¿Dónde se encontró mayores desafíos?

El objetivo de esta pregunta es identificar las fases de la gestión de la cadena de suministro que presenten mayores problemas que dificulten a las empresas ser más eficientes y reducir costos. Asimismo, es importante conocer estas fases de la gestión para poder implementar las nuevas tecnologías 4.0 y verificar el impacto que puedan ocasionar en las empresas. Por otro lado, al revisar los 48 artículos seleccionados, se encontró que 22 artículos presentan problemas en la fase inicial, ya sea por abastecimiento o una mala planificación [7], [10], [12], [13]. Además, 26 artículos indican que presentan problemas en la fase media, directamente en la producción [14], [15], [16], [17]. Por último, 7 artículos indicaron que presentan problemas en la fase final, picking y despacho [2], [3], [18], [19]. A continuación, en la figura 4, se mostrarán la información correspondiente para evidenciar los datos obtenidos.

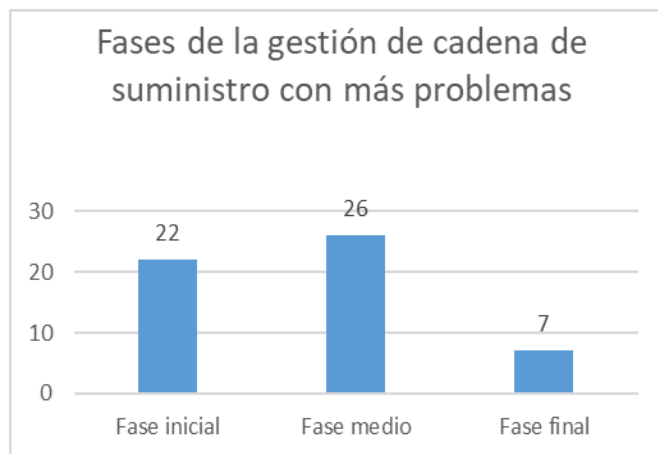


Fig 4. Cantidad de problemas en las fases de la SC.

Asimismo, según los artículos seleccionados, se puede observar que algunas empresas pueden tener 2 o más fases con problemas, 8 artículos presentan problemas en la fase inicial y medio [1], [20], [21], [22], 2 artículos presentan problemas en la fase medio y final [19], [23], 3 artículos presentan problemas en la fase inicial y final [18], [24], [25] e incluso hay 2 artículos que presentan problemas en las 3 fases [7], [9], estos datos se pueden observar en la figura 5.

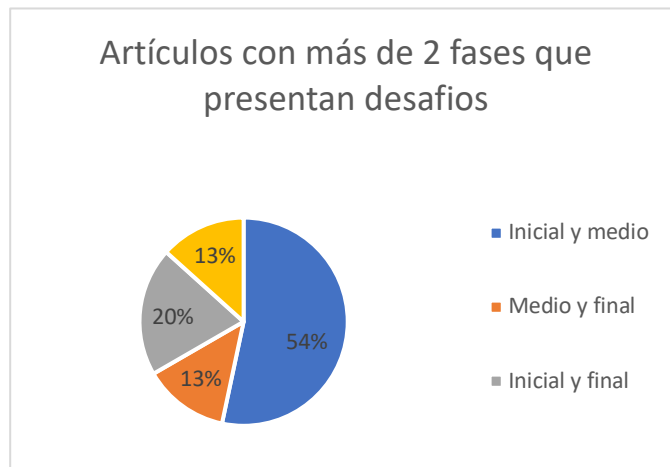


Fig 5. Cantidad de problemas en más de 2 fases de la SC.

#### RQ 1.2 ¿Qué actividades o situaciones ocasionaron estos problemas no permiten optimizar las funciones de la Cadena de Suministro?

En la información recaudada de la investigación, se obtuvo que existen distintos factores que impiden que las funciones de la SC se ejecuten eficientemente y esto se debe a la falta de planificación e integración de las empresas como los pedidos de materia prima e insumos, la comunicación con el proveedor [26] y la comunicación entre departamentos de la empresa [27]. Asimismo, la falta de innovación y adaptabilidad no permiten que la cadena de suministro se desarrolle de manera correcta [6], [28], [29]. Además, los almacenes

caóticos generan retrasos y pérdida de tiempo lo que impiden optimizar la gestión de la cadena de suministro[30]. Por último, no solo esos problemas generan que la gestión de la cadena de suministro no se realice de manera eficiente también se tiene los procesos de fabricación no estandarizados, lo que genera producción de mala calidad [31], la falta de análisis y recopilación de datos no permite a la empresa pronosticar la demanda correcta, lo que genera retrasos en la SC [32] y la mala planificación de la logística a la hora del picking y reparto [33].

A continuación, en la figura 6, se mostrará las actividades que ocasionan las ineficiencias en la cadena de suministro.



Fig 6. Situaciones que originan problemas en la SC.

**RQ 1.3 ¿Cuales son las consecuencias de no revertir las actividades que afectan la Cadena de Suministro?**

En el análisis de la información obtenida, se identifican distintas consecuencias que impactan la eficiencia de la gestión de la cadena de suministro, se encontró un total de 60 problemas, de los cuales se agruparon en 10 grupos, según sus características. Por ejemplo, la mayor consecuencia que se obtuvo fue el de la ineficiencia en los procesos de producción (28%), esto se debe a la demora de los procesos, cuellos de botellas, etc [31]. Asimismo, 18% de los problemas se da por el mal manejo de la fase inicial de la SC, esto se debe a la falta de integración de los departamentos, lo que ocasiona una deficiencia organizacional e impacta en los pronósticos de demanda, falta de comunicación con el proveedor, etc [4]. También, otro problema importante es el de la insatisfacción del cliente, ya que es el 15% de los problemas ocasionados, esto se debe a los productos de mala calidad o demora en la entrega de los pedidos [34].

Además, el 3% de los problemas son el poco impacto sostenible de las empresas, lo que ocasiona daños al ambiente y a los trabajadores [35], el 2% de los problemas se da por la falta de innovación, ya que pierden valor agregado y no se adaptan a las nuevas tecnologías [15]. Por último, distintos

problemas se han encontrado en los artículos revisados como el aumento de desechos, los riesgos de información, ineficiencia en el despacho y pérdida de impacto en el mercado, con la ayuda de la figura 7, se podrá observar un Diagrama de Pareto, donde nos indican que el 20% de las consecuencias, lo que es las ineficiencias de los procesos y deficiencia organizacional son el 80% de los problemas totales.

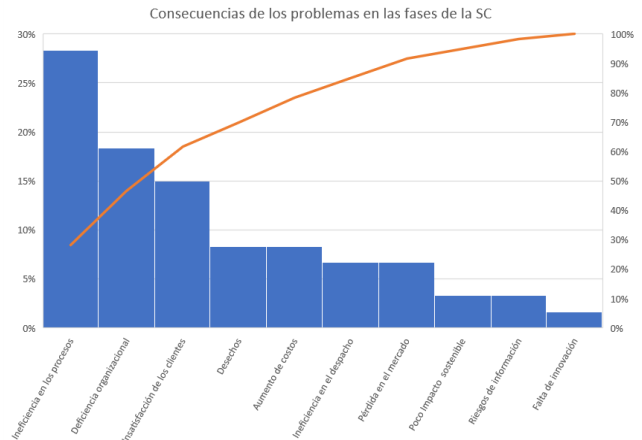


Fig 7. Cantidad de consecuencias en las fases de la SC.

**RQ 2: ¿Que herramientas de la industria 4.0 se propone para optimizar la gestión de cadena de suministro?**

En la lectura de los artículos seleccionados se encontró 9 herramientas Big Data, Blockchain, Digital Twins, “IA”, Internet de las cosas, Plataforma TI, “RFID”, Sistemas cyberfísicos” y Tecnologías digitales las cuales se implementarán para poder revisar el impacto que tienen hacia la SC.

**RQ 2.1 ¿Qué herramientas tecnológicas de la industria 4.0 se propone para optimizar la gestión de la cadena de suministro?**

En la revisión de los 48 artículos seleccionados, se encontró que la herramienta más usada (26%) es el Internet de las cosas, ya que es principal para la conectividad e integración de las redes con la empresa [36]. Asimismo, Big data es la segunda herramienta más usada (19%), esto se debe a que ayuda a la toma de decisiones [37]. Además, La “IA” también es muy usada (17%), esto se debe por el uso de algoritmos que permiten la automatización de los procesos [38]. Igualmente, la herramienta Blockchain se utiliza en un 15% , por la recopilación y análisis de información que permiten una mejor toma de decisiones[39]. Por último, las herramientas menos usadas son el “RFID” (8%), Tecnologías Digitales (8%), Plataformas TI (4%), Digital Twins (2%) Y Sistemas Cyberfísicos (2%) esto se debe a la falta de información para poder implementar estas herramientas. A

continuación, se mostrará la figura 8 para visualizar el Diagrama de Pareto realizado con los datos obtenidos.

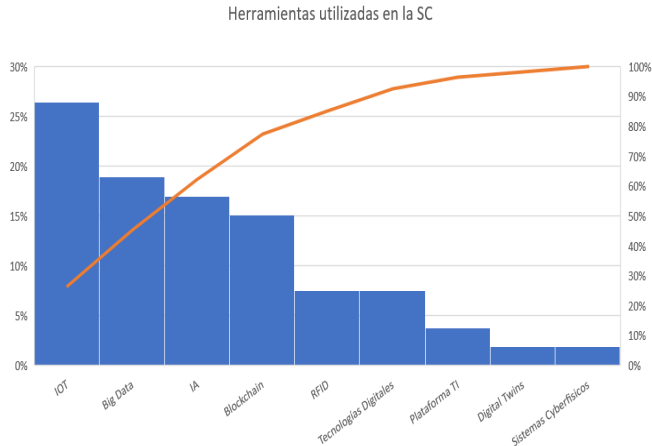


Fig 8. Cantidad de herramientas utilizadas en la SC

### RQ 2.2 ¿Cómo fue utilizada las herramientas de tecnologías mencionadas para mejorar la gestión de la cadena de suministro?

Las herramientas mencionadas fueron utilizadas para distintas funciones, en el caso del Blockchain y Big data son utilizadas para la recopilación de información y análisis de estas para así ayudar a la toma de decisiones [40], las herramientas Plataformas TI y Tecnologías Digitales también son utilizadas para la recopilación de datos y pueden trabajar en conjunto con el Blockchain y Big Data. Asimismo, el Internet de las cosas permite la conectividad e integración de toda la empresa con las redes, lo que facilita la comunicación entre departamentos [36], la “IA” se utilizó para la automatización de procesos gracias a los algoritmos que se emplean [41]. Además, el “RFID” se utilizó para el monitoreo y seguimiento de los productos mediante de etiquetas, lo que permite saber donde se encuentra cada producto que se etiqueta en todo el proceso de la cadena de suministro [10]. Por último, las herramientas Digital Twins y Sistemas Cyberfísicos son utilizados para la simulación de procesos [19]. A continuación, en la figura 9, se mostrará las utilidades principales que tienen las herramientas.

### RQ 3: ¿Cuál fue el rendimiento de las herramientas de las tecnologías 4.0 en la gestión de la cadena de suministro?

En la lectura de los 48 artículos seleccionados, se encontró que existe un antes y después en cuanto a las implementaciones de las herramientas a la cadena de suministro.

## UTILIZACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS 4.0 SC



Fig 9. Utilización de las herramientas 4.0 en la SC.

### RQ 3.1 ¿Cuál fue el efecto de la gestión de la cadena de suministro en la manera tradicional?

Según la información obtenida en la lectura de los artículos seleccionados hay 33 empresas que presentan ineficiencias, las cuales se agruparon en 6 categorías comunes para poder realizar un estudio cuantitativo. Asimismo, se encontró que la mayor categoría de las ineficiencias (30%) de las empresas eran los procesos no estandarizados, ya que no hay un uso correcto de los materiales y la producción era inestable [42], el 24% la falta de integración de la cadena de suministro, debido a la falta de comunicación y falta de agilidad en toda la cadena de suministro [43], el 18% la demora en los procesos tanto de fabricación como de despacho, ya que despejaban no había una optimización de rutas logísticas [44], el 12% los inventarios inciertos por la falta de eficiencia de los proveedores [3], el 9% el aumento de los costos, esto se da por las deficiencias de transporte [45] y el 6% los cuellos de botella que retrasaban toda la producción por máquinas ineficientes [31].

A continuación, se mostrará la figura 10 con los datos obtenidos.

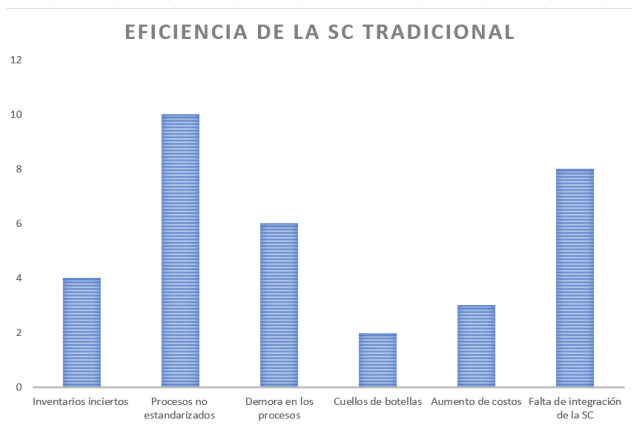


Fig 10. Rendimiento de la SC tradicional.

### RQ 3.2 ¿Cuál fue el impacto en los procesos de la gestión de la cadena de suministro después de la implementación de las herramientas 4.0?

En la recopilación de los datos obtenidos, se encontró 53 respuestas con respecto al impacto de las herramientas 4.0, las cuales se agruparon en categorías con tendencia similares para poder realizar un mejor estudio de estos. En el cual, el 43% del total de respuestas obtenidas son la mejora en la eficiencia de los procesos, esto se debe a que mejoro el rendimiento de operaciones y se redujo las fallas [46], el 21% se da con la integración de la cadena de suministro, ya que mejoro el desempeño colaborativo con los proveedores y redujeron los riesgos de gestión [47], el 19% se dió por la reducción de costos, ya que se optimizo la adquisición de materia prima, lo que conlleva a la reducción de costos[38], el 9% se da por el control de inventarios, ya que se reduce los inventarios excesivos y desabastecimiento [48]. Por último, los ultimos 10% se dividen entre desechos (5%) y la mejor toma de decisiones (5%). Estos resultados obtenidos nos dan un mejoramiento en la productividad de un 10%-17% en el procesos de fabricación.

A continuación, en la figura 11 se mostrará los datos obtenidos.

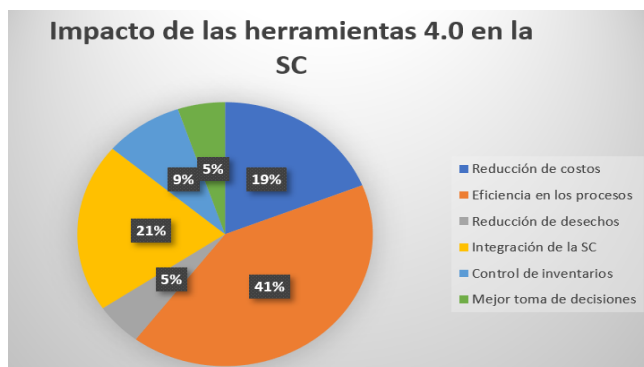


Fig 11. Impacto de las herramientas 4.0 en la SC.

### RQ 4: ¿En que sector se utilizó más las herramientas 4.0 en la gestión de la cadena de suministro?

En la revisión de los 48 artículos seleccionados, se encontró 26 sectores industriales y los otros artículos no especificaban ningún sector. Por lo cual, se dará información de los sectores identificados.

#### RQ 4.1 ¿Qué tipo sector industrial se vió un mayor beneficio por la implementación de las herramientas 4.0?

En la revisión de los datos obtenidos, se encontró que 26 sectores industriales fueron beneficiados por la implementación de las herramientas 4.0, los cuales los más influyentes son los sectores alimenticio (19%), manufactura (15%), agrícola (15%) y automotriz (12%). Asimismo, están otros tipos de sectores como la naval, siderurgica, forestal, transporte, etc. Las cuales también fueron afectadas por las herramientas 4.0, pero son del menos del 10% del total de las sectores indentificados. A continuación, se muestra la figura 12 para poder visualizar los datos obtenidos.

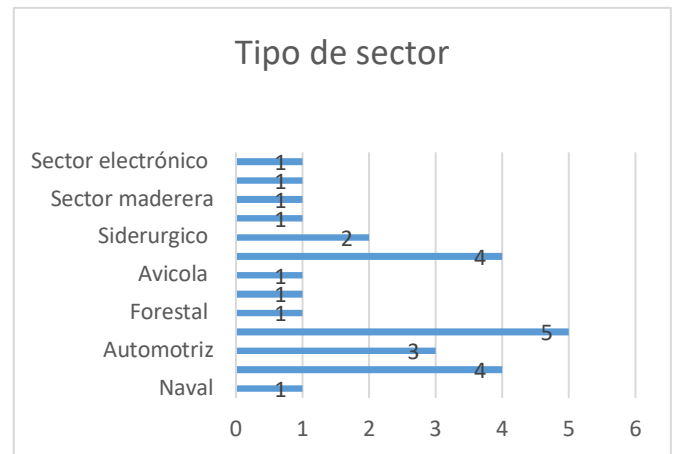


Fig 12. Tipo de sectores que fueron implementadas con herramientas 4,0

#### RQ 4.2 ¿Que área de los procesos se presenta como parte de la mejora?

En el análisis de los datos obtenidos, se identificó en total 57 áreas en las empresas como parte de la mejora, los cuales el 47% de las áreas son las de fabricación, siendo la área donde mayor impacto se tuvo de mejora, la segunda área afectada es la de logística (21%). Asimismo, se tiene otras áreas impactadas como almacén, transporte, marketing, etc. Sin embargo, están distribuidas en poco porcentaje en cada área. A continuación, en la figura 13 se mostrará un Diagrama de Pareto para que se pueda observar mejor los datos obtenidos en la revisión.



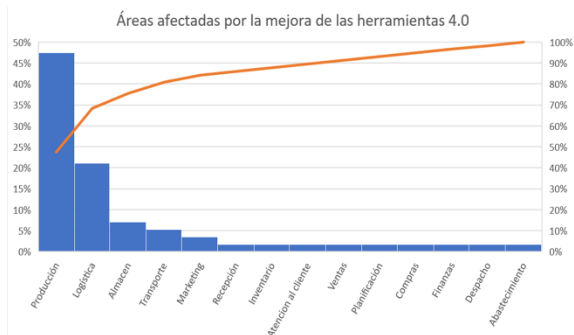


Fig 13. Áreas mejoradas por las herramientas 4.0

#### IV. DISCUSIÓN

En este estudio de revisión, la mejora más importante que se obtuvo en las empresas por el impacto de las nuevas tecnologías es la eficiencia en la producción (casi el 40% del total de empresas) similar al impacto que se tiene en los procesos de fabricación basado en las prioridades de los compradores [49]. Esta similitud puede ser por la cantidad de empresas, en el cual su problema principal se da por las ineficiencias de los procesos, lo que afecta directamente al rendimiento de la producción.

Por otra parte, la nueva tecnología que mayor se uso fue el “IoT” utilizado para la toma de datos en todas las fases de la gestión de la cadena de suministro. Asimismo, esta tecnología es muy importante para la solidez, seguridad y optimizar las operaciones en la cadena de suministro [50].

El área donde mayor impacto tuvo la implementación de las nuevas tecnologías es el área de producción (47%). Asimismo, las nuevas tecnologías están agregando valor cada vez más en los procesos de fabricación [51].

La fase de la gestión de cadena de suministro donde más se obtuvo consecuencias fue la fase del medio (producción) en comparación con la fase de final (despacho, picking, etc). Esto se debe por las ineficiencias en las mayorías de empresas en mejorar los procesos.

En este estudio de revisión, se enfocó principalmente en las empresas de manufactura, se recomienda para las próximas investigaciones enfocarse en empresas de otro rubro como comercio, etc. Además, según los datos obtenidos se sugiere a las empresas adoptar las nuevas tecnologías en todas sus fases de la gestión de cadena de suministro. A continuación, en la figura 14 se mostrará la forma ideal de adoptar las herramientas de la Industria 4.0.

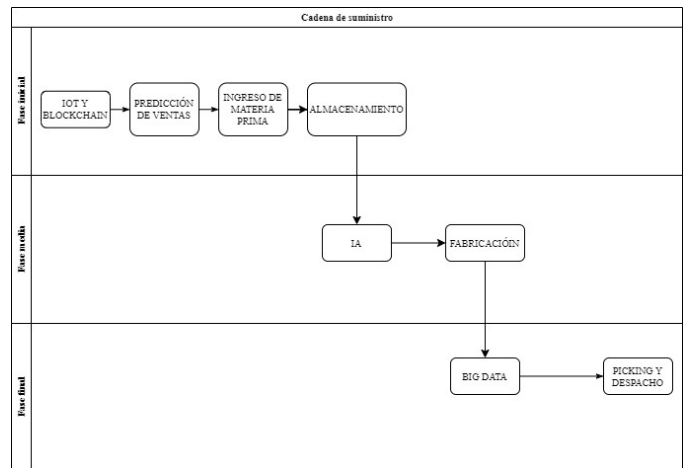


Fig 14. Implementación de las herramientas 4.0 en las fases de la SC

#### V. CONCLUSIONES

En esta investigación, se obtuvo información de los principales problemas de que tienen las fases de la cadena de suministro. La segunda fase o fase de proceso tiene el 47.3 % de deficiencias, seguido de la fase de entrada que tiene el 40% y finalmente la fase de salida tiene el 12.7% y es el menor de los porcentajes que presenta este estudio con respecto a los problemas de las fases de cadena de suministro. Las causas que originaron estos problemas son la falta de innovación y flexibilidad, falta de integración de partes interesadas y procesos de fabricación no estandarizados, entre otros. Las herramientas de la industria 4.0 más usadas para este estudio es la IoT con un 26% que ayuda a la integración entre departamentos, luego el Big data con un 19% que a través de un almacenamiento de datos ayuda a la toma de decisiones, la IA que tiene un 17% y por último el blockchain tiene 15%. Finalmente, el rendimiento de la cadena de suministro a mejorado aplicando las herramientas mencionadas, dado que es eficiente en los procesos de la cadena de suministro, mejoró en la integración de los internos y externos, optimizó el consumo de existencias y redujo los costos y mejoró el control del manejo del almacén, inventarios y producción. Las limitaciones en este estudio es que solo es aplicada en grandes empresas y no en pequeñas o medianas empresas, ello se debe investigar si es factible realizar estudio de RSL en el rendimiento de la cadena de suministros de pequeñas y medianas empresas aplicando las herramientas de la industria 4.0 o de qué manera se puede mejorar mediante otras herramientas de nuevas tecnologías. Asimismo, se encontró un mejoramiento en cuanto a la productividad en un rango de 10-17% en la fase de fabricación.

## VI. REFERENCIAS

- [1] L. Gastaldi, S. Lessanibahri, G. Tedaldi, and G. Miragliotta, "Companies' adoption of Smart Technologies to achieve structural ambidexterity: an analysis with SEM," *Technol Forecast Soc Change*, vol. 174, p. 121187, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.techfore.2021.121187.
- [2] M. Wang, Y. Wu, B. Chen, and M. Evans, "Blockchain and Supply Chain Management: A New Paradigm for Supply Chain Integration and Collaboration," *Operations and Supply Chain Management: An International Journal*, pp. 111–122, Dec. 2020, doi: 10.31387/oscm0440290.
- [3] Y. Riahi, T. Saikouk, A. Gunasekaran, and I. Badraoui, "Artificial intelligence applications in supply chain: A descriptive bibliometric analysis and future research directions," *Expert Syst Appl*, vol. 173, p. 114702, Jul. 2021, doi: 10.1016/j.eswa.2021.114702.
- [4] F. Bodendorf, S. Dentler, and J. Franke, "Digitally enabled supply chain integration through business and process analytics," *Industrial Marketing Management*, vol. 114, pp. 14–31, Oct. 2023, doi: 10.1016/j.indmarman.2023.07.005.
- [5] B. Unhelkar, S. Joshi, M. Sharma, S. Prakash, A. K. Mani, and M. Prasad, "Enhancing supply chain performance using RFID technology and decision support systems in the industry 4.0—A systematic literature review," *International Journal of Information Management Data Insights*, vol. 2, no. 2, p. 100084, Nov. 2022, doi: 10.1016/j.ijime.2022.100084.
- [6] M. H. Eslami, H. Jafari, L. Achtenhagen, J. Carlback, and A. Wong, "Financial performance and supply chain dynamic capabilities: The Moderating Role of Industry 4.0 technologies," *Int J Prod Res*, pp. 1–18, Aug. 2021, doi: 10.1080/00207543.2021.1966850.
- [7] S. S. Kamble, A. Belhadi, A. Gunasekaran, L. Ganapathy, and S. Verma, "A large multi-group decision-making technique for prioritizing the big data-driven circular economy practices in the automobile component manufacturing industry," *Technol Forecast Soc Change*, vol. 165, p. 120567, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.techfore.2020.120567.
- [8] K. Huang, K. Wang, P. K. C. Lee, and A. C. L. Yeung, "The impact of industry 4.0 on supply chain capability and supply chain resilience: A dynamic resource-based view," *Int J Prod Econ*, vol. 262, p. 108913, Aug. 2023, doi: 10.1016/j.ijpe.2023.108913.
- [9] M. Arunmozhi, V. G. Venkatesh, S. Arisian, Y. Shi, and V. Raja Sreedharan, "Application of blockchain and smart contracts in autonomous vehicle supply chains: An experimental design," *Transp Res E Logist Transp Rev*, vol. 165, p. 102864, Sep. 2022, doi: 10.1016/j.tre.2022.102864.
- [10] V. G. Cannas and J. Gosling, "A decade of engineering-to-order (2010–2020): Progress and emerging themes," *Int J Prod Econ*, vol. 241, p. 108274, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.ijpe.2021.108274.
- [11] J. Fernandes Andry, F. Nuprihatin, and L. Liliana, "Supply Chain Mapping to Prepare Golden Generation 2045 for Future Technology Infrastructure," *E3S Web of Conferences*, vol. 359, p. 05004, Oct. 2022, doi: 10.1051/e3sconf/202235905004.
- [12] A. Essakly, M. Wichmann, and T. S. Spengler, "A reference framework for the holistic evaluation of Industry 4.0 solutions for small-and medium-sized enterprises," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 52, no. 13, pp. 427–432, 2019, doi: 10.1016/j.ifacol.2019.11.093.
- [13] I. Castelo-Branco, M. Amaro-Henriques, F. Cruz-Jesus, and T. Oliveira, "Assessing the Industry 4.0 European divide through the country/industry dichotomy," *Comput Ind Eng*, vol. 176, p. 108925, Feb. 2023, doi: 10.1016/j.cie.2022.108925.
- [14] RA Muhammad, B Tjahjono, SRKD Ridlo, and TY Yuwono, "A decision process for the applications of artificial intelligence in sustainable operations and supply chain management".
- [15] Y. Gao, R. Lin, and Y. Lu, "A Visualized Analysis of the Research Current Hotspots and Trends on Innovation Chain Based on the Knowledge Map," *Sustainability*, vol. 14, no. 3, p. 1708, Feb. 2022, doi: 10.3390/su14031708.
- [16] H. Chowdhury, D. Brata, P. Argha, and A. Ahmed, "Artificial Intelligence in Sustainable Vertical Farming," 2023, doi: 10.48550/arXiv.2312.00030.
- [17] M. H. Ali, L. Chung, A. Kumar, S. Zailani, and K. H. Tan, "A sustainable Blockchain framework for the halal food supply chain: Lessons from Malaysia," *Technol Forecast Soc Change*, vol. 170, p. 120870, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.techfore.2021.120870.
- [18] M. Malatji, "Accelerating the African continental free trade area through optimization of digital supply chains," *Engineering Reports*, Jun. 2023, doi: 10.1002/eng2.12711.
- [19] C. S. Ko, H. Lee, and T. Kim, "CONCEPTUAL MODELING FOR SUPPLY CHAIN DIGITAL TWIN," *ICIC Express Letters, Part B: Applications*, vol. 13, no. 5, pp. 495–501, May 2022, doi: 10.24507/iceib.13.05.495.
- [20] S. S. Kamble, A. Gunasekaran, N. Subramanian, A. Ghadge, A. Belhadi, and M. Venkatesh, "Blockchain technology's impact on supply chain integration and sustainable supply chain performance: evidence from the automotive industry," *Ann Oper Res*, vol. 327, no. 1, pp. 575–600, Aug. 2023, doi: 10.1007/s10479-021-04129-6.
- [21] A. L. Junge, "Digital transformation technologies as an enabler for sustainable logistics and supply chain processes – an exploratory framework," *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, vol. 16, no. 3, pp. 462–472, Aug. 2019, doi: 10.14488/BJOPM.2019.v16.n3.a9.
- [22] M. C. Annosi, F. Brunetta, F. Bimbo, and M. Kostoula, "Digitalization within food supply chains to prevent food waste. Drivers, barriers and collaboration practices," *Industrial Marketing Management*, vol. 93, pp. 208–220, Feb. 2021, doi: 10.1016/j.indmarman.2021.01.005.
- [23] J. Jansen, E. Kaledinova, and A. Wolter, "The use of cloud technology for sustainable performance of international supply chains: A case study," *Transportation Research Procedia*, vol. 64, pp. 224–231, 2022, doi: 10.1016/j.trpro.2022.09.027.
- [24] I. Ehie and L. M. D. F. Ferreira, "Conceptual Development of Supply Chain Digitalization Framework," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 52, no. 13, pp. 2338–2342, 2019, doi: 10.1016/j.ifacol.2019.11.555.
- [25] S. Mantravadi and J. S. Srari, "How Important are Digital Technologies for Urban Food Security? A Framework for Supply Chain Integration using IoT," *Procedia Comput Sci*, vol. 217, pp. 1678–1687, 2023, doi: 10.1016/j.procs.2022.12.368.
- [26] R. Agrawal, V. Surendra Yadav, A. Majumdar, A. Kumar, S. Luthra, and J. Arturo Garza-Reyes, "Opportunities for disruptive digital technologies to ensure circularity in supply Chain: A critical review of drivers, barriers and challenges," *Comput Ind Eng*, vol. 178, p. 109140, Apr. 2023, doi: 10.1016/j.cie.2023.109140.
- [27] D. Kozma and P. Varga, "Supporting Digital Supply Chains by IoT Frameworks: Collaboration, Control, Combination," *Infocommunications journal*, no. 4, pp. 22–32, 2020, doi: 10.36244/ICJ.2020.4.4.
- [28] E. Hettterscheid and F. Schlüter, "Morphology for designing cyber-physical systems in supply chain planning and control processes," *Logistics Journal*, vol. 2019, pp. 1–11, 2019, doi: 10.2195/lj\_NotRev\_hettterscheid\_en\_201903\_01.
- [29] P. Radanliev et al., "Cyber risk at the edge: current and future trends on cyber risk analytics and artificial intelligence in the industrial internet of things and industry 4.0 supply chains," *Cybersecurity*, vol. 3, no. 1, p. 13, Dec. 2020, doi: 10.1186/s42400-020-00052-8.
- [30] A. Banjar, M. Jemmali, L. K. B. Melhim, W. Boulila, T. Ladhari, and A. Y. Sarhan, "Intelligent Scheduling Algorithms for the Enhancement of Drone-Based Innovative Logistic Supply Chain Systems," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 102418–102429, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3315694.
- [31] J. Rudnitckaia, H. S. Venkatachalam, R. Essmann, T. Hruska, and A. W. Colombo, "Screening Process Mining and Value Stream Techniques on Industrial Manufacturing Processes: Process Modelling and Bottleneck Analysis," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 24203–24214, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3152211.
- [32] M. Mubarik and R. Z. binti R. Mohd Rasi, "Triad of Big Data Supply Chain Analytics, Supply Chain Integration and Supply Chain Performance: Evidences from Oil and Gas Sector," *Humanities and Social Sciences Letters*, vol. 7, no. 4, pp. 209–224, 2019, doi: 10.18488/journal.73.2019.74.209.224.
- [33] D. de Oliveira-Dias, J. M. Maqueira-Marin, J. Moyano-Fuentes, and H. Carvalho, "Implications of using Industry 4.0 base technologies for lean and agile supply chains and performance," *Int J Prod Econ*, vol. 262, p. 108916, Aug. 2023, doi: 10.1016/j.ijpe.2023.108916.

- [34] R. Maas, T. Karaulova, E. Shevtshenko, J. Popell, and I. Oluwale Raji, "Development of SCOR Database for Digitalisation of Supply Chain Customer Feedback Analysis," *Engineering Economics*, vol. 34, no. 4, pp. 439–455, Oct. 2023, doi: 10.5755/j01.ee.34.4.31618.
- [35] A. El Maalmi, K. Jenoui, and L. El Abbadi, "Development of a business model in industry 4.0 to achieve sustainable supply chain innovation: Study of Large and Medium Moroccan companies."
- [36] K. Pal and A.-U.-H. Yasar, "Internet of Things Impact on Supply Chain Management," *Procedia Comput Sci*, vol. 220, pp. 478–485, 2023, doi: 10.1016/j.procs.2023.03.061.
- [37] L. Cui, H. Wu, L. Wu, A. Kumar, and K. H. Tan, "Investigating the relationship between digital technologies, supply chain integration and firm resilience in the context of COVID-19," *Ann Oper Res*, vol. 327, no. 2, pp. 825–853, Aug. 2023, doi: 10.1007/s10479-022-04735-y.
- [38] Y. Dong, "Optimization and Analysis of Raw Material Supply Chain Based on Computational Intelligence," *Mobile Information Systems*, vol. 2022, pp. 1–9, Aug. 2022, doi: 10.1155/2022/8683598.
- [39] Samar Raza Talpur, Alhamzah F. Abbas, Nohman Khan, Sobia Irum, and Javed Ali, "Improving Opportunities in Supply Chain Processes Using the Internet of Things and Blockchain Technology," *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, vol. 17, no. 08, pp. 23–38, Apr. 2023, doi: 10.3991/ijim.v17i08.39467.
- [40] T. Feng, S. Yang, and H. Sheng, "Supply chain integration and novelty-centered business model design: An organizational learning perspective," *European Management Journal*, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.emj.2022.12.002.
- [41] V. Sharma, R. D. Raut, M. Hajiaghaci-Keshteli, B. E. Narkhede, R. Gokhale, and P. Priyadarshinee, "Mediating effect of industry 4.0 technologies on the supply chain management practices and supply chain performance," *J Environ Manage*, vol. 322, p. 115945, Nov. 2022, doi: 10.1016/j.jenvman.2022.115945.
- [42] G. Pichler et al., "Timber Tracking in a Mountain Forest Supply Chain: A Case Study to Analyze Functionality, Bottlenecks, Risks, and Costs," *Forests*, vol. 13, no. 9, p. 1373, Aug. 2022, doi: 10.3390/f13091373.
- [43] T. Hautala-Kankaanpää, "The impact of digitalization on firm performance: examining the role of digital culture and the effect of supply chain capability," *Business Process Management Journal*, vol. 28, no. 8, pp. 90–109, Dec. 2022, doi: 10.1108/BPMJ-03-2022-0122.
- [44] J. Juhász, T. Bányai, L. Veres, and K. Hriczó, "DESCRIPTION OF PACKAGE DELIVERY TASK WITH MATHEMATICAL MODEL."
- [45] R. Sharma, A. Shishodia, A. Gunasekaran, H. Min, and Z. H. Munim, "The role of artificial intelligence in supply chain management: mapping the territory," *Int J Prod Res*, vol. 60, no. 24, pp. 7527–7550, Dec. 2022, doi: 10.1080/00207543.2022.2029611.
- [46] K. Chienwattanasook, N. Tancho, S. Onputtha, C. Boonrattanakittibhumi, T. Sriyakul, and P. Waiyawuththanapoom, "The role of industry 4.0 in supply chain sustainability: Evidence from the rubber industry," *Uncertain Supply Chain Management*, vol. 10, no. 4, pp. 1243–1252, 2022, doi: 10.5267/j.usem.2022.8.004.
- [47] Z. Wang, J. Lu, M. Li, S. Yang, Y. Wang, and X. Cheng, "Edge Computing and Blockchain in Enterprise Performance and Venture Capital Management," *Comput Intell Neurosci*, vol. 2022, pp. 1–9, Jul. 2022, doi: 10.1155/2022/2914936.
- [48] A. Rejeb, K. Rejeb, S. Zailani, H. Treiblmaier, and K. J. Hand, "Integrating the Internet of Things in the halal food supply chain: A systematic literature review and research agenda," *Internet of Things*, vol. 13, p. 100361, Mar. 2021, doi: 10.1016/j.iot.2021.100361.
- [49] R. Vijayapriya, S. L. Arun, K. Vengatesan, and S. Samee, "Smart manufacturing supply chain process strategy using intelligent computation techniques," *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, Apr. 2024, doi: 10.1007/s12008-024-01836-9.
- [50] I. Mustapha, N. Khan, M. I. Qureshi, H. Sikandar, M. Hassan, and J. Simarmata, "Revolutionizing Supply Chain Processes: Harnessing the Power of IoT and Blockchain Technology to Enhance Opportunities," 2024, pp. 87–94. doi: 10.1007/978-3-031-55558-9\_10.
- [51] H. Mustapha, R. Kassim, and A. Rahmat, "Internet of Things Adoption in Manufacturing: An Exploratory of Organizational Antecedents," 2022, pp. 339–351. doi: 10.1007/978-3-031-01488-8\_28.