



*Las opiniones y los contenidos de los trabajos publicados son responsabilidad de los autores, por tanto, no necesariamente coinciden con los de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad.*



Esta obra por la Red Internacional de Investigadores en Competitividad se encuentra bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 3.0 Unported. Basada en una obra en riico.net.

## **El impacto de la industria 4.0 en la cadena de suministro: una revisión de literatura**

Marco Alberto Valenzo-Jiménez<sup>1</sup>

Víctor Béjar-Tinoco\*

Jaime Apolinar Martínez-Arroyo\*

### **Resumen**

El propósito de este artículo es presentar una revisión de la literatura concerniente al impacto de la industria 4.0 en la cadena de suministro, identificando y evaluando la relación entre la tecnología digital y la cadena de suministro. La metodología empleada es de una revisión de la literatura de tipo sistemática de publicaciones de vanguardia en el campo temático. El objetivo central de este documento es realizar el balance del conocimiento sobre el impacto de la industria 4.0 en la cadena de suministro, realizando un análisis del conocimiento y desarrollar un marco para la investigación y la práctica futuras. Este artículo presenta un estudio novedoso y original basado en una revisión de la literatura sobre industria 4.0 en la cadena de suministro, las motivaciones, las barreras y el impacto de las tecnologías en diferentes procesos en la cadena de suministro.

**Palabras claves:** Industria 4.0, cadena de suministro, tecnologías digitales, revisión de literatura.

### **Abstract**

The purpose of this article is to present a review of the literature concerning the impact of Industry 4.0 on the supply chain, identifying and evaluating the relationship between digital technology and the supply chain. The methodology used is a systematic review of the literature of avant-garde publications in the thematic field. The main objective of this document is to carry out the knowledge balance on the impact of Industry 4.0 in the supply chain, carrying out a knowledge analysis and developing a framework for future research and practice. This article presents a novel and original study based on a review of the literature on Industry 4.0 in the supply chain, the motivations, barriers and the impact of technologies in different processes in the supply chain.

**Keywords:** Industry 4.0, supply chain, digital technologies, literature review.

---

<sup>1\*\*</sup> Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Contaduría y Ciencias Administrativas.

## **Introducción**

Las tecnologías digitales han cambiado profundamente la forma en que las sociedades intercambian información e interactúan entre sí (Büyüközkan y Göçer, 2018; Nasiri et al., 2020). Las novedades tecnológicas alteraron la forma en que las personas se comunican y comparten información. Esta novedosa tecnología afectará a la logística, cadenas de suministro, industrias de fabricación y transporte. Por tanto, el futuro de todas las industrias se abrirá a la innovación y la tecnología. Cada industria atraviesa una rápida transformación que apareció con la cuarta revolución industrial.

Contar con una cadena de suministro (SC) moderna y ágil es actualmente el objetivo de toda empresa, porque una cadena de suministro (MSC) moderna es rápida, automática en el proceso (aceptar pedidos, preparar pedidos y distribuir a los clientes), más flexible y transparente. Además, un MSC puede trabajar en sistemas dinámicos y con un alto volumen de datos (Barata et al., 2017; Butner, 2010; Yin et al., 2018)

En la misma línea, las empresas establecidas utilizan la tecnología digital para transformar sus modelos operativos de cadena de suministro (SC) (Schmidt et al., 2015), implementando la estrategia de SC y especificando los principales factores habilitadores a través de los cuales brindan valor a los clientes (Stevens y Johnson, 2016). Estos esfuerzos se benefician enormemente de los avances conceptuales y tecnológicos como parte de la cuarta revolución industrial (Kagermann, H. y Wahlster, Helbig, 2013). Este fenómeno, también conocido como La "Industria 4.0" (i4.0) o la "Internet de las cosas" (IoT) (industrial) ha recibido mucha atención en las comunidades de profesionales. (Digital, 2015; Schrauf y Berttram, 2016)

La i4.0 muestra una visión física inteligente y conectada, es decir, productos y máquinas inteligentes, que funcionan de forma autónoma y pueden formar sistemas de auto coordinación como las fábricas y SC (Porter y Heppelmann, 2014; Porter y Heppelmann., 2015). Además, estas tecnologías permiten nuevos modelos operativos SC que complementan o incluso reemplazan los enfoques tradicionales. (Van Alstyne et al., 2016)

Por lo anterior, este artículo utiliza la lente teórica las implicaciones de i4.0 para la gestión de la cadena de suministro. Es por ello, autores como Gunasekaran y Ngai, (2004) han estudiado la importancia de la tecnología de la información y la comunicación (TIC) en la administración de la cadena de suministro y su impacto en el rendimiento, y ampliamente confirmados por (Li et al., 2009; Prajogo y Olhager, 2012).

La tecnología promete cambios radicales en varios sectores de la industria y procesos SC, incluida la fabricación y la logística (Kagermann, 2015). Las innovaciones correspondientes afectan los modelos operativos de SC (Brettel et al., 2014) y exigen la adopción de un enfoque novedoso (digital) de SCM. (Büyüközkan y Göçer, 2018)

La implementación de SCM 4.0 ha atraído una gran atención. Muchos académicos y los profesionales han contribuido a la investigación de este campo. (da Silva et al., 2019; Wu et al., 2016; Chiappetta Jabbour et al., 2020) exploraron las implicaciones de los grandes datos para la gestión sostenible de la cadena de suministro a través de una revisión sistemática de la literatura.

De manera similar a otros estudios, Chiappetta Jabbour et al. (2020) trabajo centrado en una sola tecnología, eso es big data. Además, Wu et al. (2016) realizaron una revisión de la literatura para conceptualizar características de la cadena de suministro inteligente y formular e investigar cinco temas clave de investigación que incluía gestión de información, TI, automatización de procesos, análisis avanzado y integración de la cadena de suministro. En el mismo contexto, (da Silva et al. (2019) realizaron una revisión de la literatura para contextualizar la TI en un escenario de cadena de suministro 4.0, centrándose en el suministro, etapas de fabricación y consumo final. Finalmente, Büyüközkan y Göçer (2018) identificaron limitaciones y perspectivas clave en la cadena de suministro digital, resumiendo la investigación previa e identificando el conocimiento brechas al proporcionar ventajas, debilidades y limitaciones de los métodos individuales y desarrollar un marco para la investigación y la práctica futuras.

Es por ello, necesario contar con marcos conceptuales y estudios empíricos para dirigir a las empresas que cuenten con cadenas de suministro exitosas y sólidas adaptadas a la Industria 4.0 aplicando la tecnología y los mercados en evolución constante.

El presente documento presenta una revisión de la literatura de tipo sistemática realizada durante el mes de junio 2021. El objetivo central de este documento es realizar el balance del conocimiento sobre el impacto de la industria 4.0 en la cadena de suministro, empleando palabra clave como la Cadena de suministro, industria 4.0, clasificando artículos académicos, revistas industriales revisando títulos, resúmenes y manuscritos en formato tradicional y sistemas de bibliotecas electrónicas.

## **Revisión de la literatura**

### **Concepto de la industria 4.0**

El concepto de Industria 4.0 fue presentado en 2011 por Henning Kagermann (ex alto gerente de la corporación de software SAP en Alemania) (Paprocki, 2017). Industria 4.0, denominada la "Cuarta Revolución Industrial", también se conoce como "inteligente fabricación ", " Internet industrial "o" industria integrada " (Hofmann y Rüsç, 2017). Este concepto es cada vez más popular y ha recibido atención en todo el mundo. (Liao et al., 2017;Rennung et al., 2016)

La definición de Industria 4.0 aún no se ha determinado. Como dijo (Lopes de Sousa Jabbour et al., 2018), "la característica principal de la Industria 4.0 es la conectividad entre máquinas, pedidos, empleados, proveedores y clientes debido a Internet de las cosas (IoT) y dispositivos electrónicos;

como consecuencia, las empresas pueden producir productos utilizando decisiones descentralizadas y sistemas autónomos".

La Industria 4.0 promueve el uso de sistemas ciberfísicos, Internet de las cosas, Internet de los servicios (IoS), robótica, big data y fabricación en la nube, incluyendo dispositivos, máquinas, producción módulos y productos y aplicándolos a diversos campos como la cadena de suministro, la fabricación y la gestión, especialmente para responder en tiempo real (Pereira y F., 2017; Kang et al., 2016; Moeuf et al., 2018; Haddud et al., 2017). Aprendizaje automático (ML) algoritmos, inteligencia artificial (IA), análisis de negocios (BA) y la optimización, especialmente la optimización dinámica (DM), son aplicables técnicas para implementar Industria 4.0 en un sistema, para maximizar automatización. (Kolberg y Zühlke, 2015; Neugebauer et al., 2016; Saucedo-Martínez et al., 2018; Wank et al., 2016; Zheng et al., 2018)

#### **Descripción general de la industria 4.0**

Industria 4.0 comprende el desarrollo e integración de información y tecnologías de la comunicación en los procesos comerciales (Dalenogare et al., 2018); (Wagire et al., 2020). La visión amplia de Industria 4.0 requiere marcos y / o arquitecturas para conectar activos físicos y tecnologías digitales en un sistema ciberfísicos (CPS) (Sarvari et al., 2019). Internet de las cosas (IoT) juega un papel fundamental en esta cuarta revolución industrial y también se conoce como IoT industrial (IIoT) (Haddud et al., 2017; Ghobakhloo, 2018). No solo IIoT, sino otras tecnologías importantes como la nube informática, inteligencia artificial, diseño y fabricación asistidos por ordenador (CAD / CAM), planificación inteligente de recursos empresariales (I-ERP), controladores lógicos programables (PLC), automatización / robots industriales, sensores / actuadores, fabricación aditiva, simulación y Otros modelos innovadores de intercambio de datos juegan un papel crucial en la digitalización de las cadenas de suministro. (Ghobakhloo, 2018; Dalenogare et al., 2018)

La industria 4.0 engloba los sistemas automatizados que permiten la personalización, agilidad y rapidez en las operaciones de manufactura y servicio al proporcionando datos de varios dispositivos, sensores y herramientas (Ghadge et al., 2020). Esto impulsa nuevas capacidades en muchas áreas, incluido el diseño, la creación de prototipos y el desarrollo de nuevos productos, control remoto, servicios y diagnóstico, mantenimiento predictivo y preventivo, trazabilidad, los sistemas necesarios de seguimiento de la salud, planificación, innovación, agilidad y tiempo real aplicaciones (Strange y Zucchella, 2017; Sarvari et al., 2019).

Las capacidades realizadas de Industria 4.0 aporta considerables beneficios a las empresas, incluida la personalización de productos, análisis de datos en tiempo real, mayor visibilidad, monitoreo y

control autónomos, diseño y desarrollo de productos dinámicos y productividad mejorada. (Dalenogare et al., 2018)

Las implicaciones de i4.0 para los modelos operativos en la cadena de suministro han recibido una atención limitada en la literatura. Arnold et al. (2016) encuentran que la tecnología i4.0 cambia la propuesta de valor en un modelo de negocio principalmente al habilitar soluciones que optimizan los procesos operativos del cliente. Como consecuencia, la infraestructura interna, que constituye un elemento de un modelo operativo de la cadena de suministro y la gestión de la relación con el cliente deben ajustarse en consecuencia. Ehret y Wirtz (2017) proponen modelos operativos basados en servicios que implican la provisión de activos de fabricación y operaciones de servicio completo asociadas, servicios de información y análisis, así como personalización masiva eficiente a través de la integración del usuario final.

Laudien y Daxböck (2016) examinan once casos de empresas manufactureras para sintetizar tres arquetipos de dispositivos compatibles con i4.0. cambios en el modelo de negocio. Las implicaciones para los modelos operativos SC se pueden resumir de la siguiente manera: primero, la tecnología i4.0 representa una palanca estratégica que se puede utilizar para mejorar la eficiencia de las operaciones internas de la cadena de suministro. En segundo lugar, las empresas pueden apalancar sus redes de socios, que están vinculados por la tecnología i4.0, para proporcionar paquetes de ofertas específicas para el cliente. Por último, la tecnología i4.0 hace la provisión de ofertas digitales utilizando servicios de valor agregado basados en software y el uso de datos.(Schneider, 2018)

### **Papel de la industria 4.0 en la cadena de suministro**

Se espera que la Industria 4.0 tenga un impacto significativo en la oferta. cadenas, modelos de negocio y procesos con el fin de lograr un moderna cadena de suministro, investigadores utilizan diferentes nombres para la Industria 4.0 en el contexto de gestión de la cadena de suministro: red de suministro digital (DSN), Internet de las cosas, E-Supply Chain, Supply Chain 4.0, E-Logística o Logística 4.0. La Industria 4.0 aumenta la digitalización y la automatización en fabricación y crea un proceso digital para facilitar la interacción entre todas las partes de una empresa (Abdirad y Krishnan, 2020). Al implementar la Industria 4.0 en los sistemas de la cadena de suministro, cuatro elementos principales de la cadena de suministro: integración, operaciones, compras y distribución, son afectados y puede aumentar la productividad de las empresas como bien (Kayikci, 2018). Los principales beneficios de la Industria 4.0 en la cadena de suministro reduce el tiempo de espera para la entrega de productos a clientes, reduzca el tiempo para responder a un imprevisto evento e impulsar un aumento significativo en la calidad de la toma de decisiones (Barreto et al., 2017). La industria 4.0 puede ayudar las empresas permiten procesos complicados y dinámicos en l cadena de suministro y para manejar la producción e integración a gran escala de clientes (Rennung et al., 2016). Industria 4.0 puede traer

beneficios positivos en la planificación actual de ventas y operaciones y también en el proceso logístico (Santos et al., 2017). Después de implementar Industria 4.0, la información en tiempo real se puede compartir a través de este proceso digitalizado para impulsar decisiones útiles.

### **Impacto de la industria 4.0 en la cadena de suministro**

Como se ha mencionado en secciones anteriores, la Industria 4.0 utiliza varias herramientas avanzadas y tecnologías, contribuyendo así a redefinir los procesos industriales convencionales. Las cadenas de suministro sonando un gran paso hacia la digitalización, la automatización y la agilidad en sus operaciones. (Ghadge et al., 2020)

Los impactos de la Industria 4.0 se pueden sentir en diferentes etapas de los SC y también en la gestión de SC (SCM) estrategias; p.ej. previsión y planificación más precisas a través del flujo integrado y mayor trazabilidad de materiales y productos, mejor desempeño del proveedor debido al tiempo real intercambio de información y sincronización con proveedores y almacenamiento inteligente y sistemas de enrutamiento de vehículos (Hofmann y Rüscher, 2017; Ghobakhloo, 2018)

La transparencia y el fácil acceso a múltiples opciones sobre dónde comprar y qué y cuándo comprar, habilitadas por las plataformas de comercio electrónico, impulsan la competencia en las cadenas de suministro. Por lo que, el internet de las cosas tiene un papel importante en la transformación de la cadena de suministro proporciona una amplia gama de oportunidades, como el monitoreo remoto y en tiempo real de la ubicación y la velocidad de los vehículos, el estado de los productos perecederos a través de sensores de temperatura, el estado y el rendimiento de las máquinas. etc. (Manavalan y Jayakrishna, 2019). Mayor conectividad entre la cadena de suministro y las partes interesadas y la creciente importancia de la colaboración de las partes interesadas requiere evaluar el impacto de la implementación de la Industria 4.0 en el nivel de la red en la cadena de suministro (Tjahjono et al., 2017). Frank et al. (2019) especifican a la cadena de suministro inteligente como una dimensión de la Industria 4.0 que cubre las plataformas digitales con proveedores, minoristas, clientes y socios. Creciente intercambio de información y la sincronización de operaciones entre socios de SC ayuda a disminuir los costos totales y aumentar la eficiencia y la agilidad de la cadena de suministro en su conjunto. (Frank et al., 2019; Ghobakhloo y Fathi, 2020)

Las capacidades habilitadas para la Industria 4.0, que incluyen interconexiones altamente organizadas y monitoreo y control en tiempo real de materiales, equipos y parámetros SC, ayudan a mejorar el desempeño general de la cadena de valor y reducción de riesgos. (Luthra y Mangla, 2018)

La incorporación de tecnologías de la Industria 4.0 también conduce a la transformación de los modelos de negocio y estrategias de gestión en estas redes. (Arnold et al., 2016; Ghobakhloo, 2018)

Los requisitos y las tendencias que impulsan la transformación digital en las cadenas de suministro y las nuevas barreras y los riesgos también están surgiendo como resultado de la evolución del entorno

empresarial y digital. tendencia de transformación. Algunos de estos problemas incluyen falta de datos, riesgo de seguridad de la información, falta de mano de obra calificada, etc.(Barreto et al., 2017; BRICS Business Council, 2016)

Es por ello, necesario contar con marcos conceptuales y estudios empíricos para dirigir a las empresas contar con cadenas de suministro exitosas y sólidas adaptadas a la Industria 4.0 adaptadas a la tecnología y los mercados en evolución constante.

### **Metodología**

La investigación utilizada es la propuesta utilizada por (Malhotra, 2012), donde afirma que en la investigación exploratoria, una de las características principales es realizar una detección de ideas o aspectos significativos, para de esta manera conseguir un mayor conocimiento acerca de un tema específico. Este tipo de estudios se caracteriza por procesos de investigación flexible y versátil.

El presente documento es una revisión de la literatura de tipo sistemática realizada durante el mes de junio 2021, empleando palabra clave como la cadena de suministro, industria 4.0. Estas palabras se combinaron entre sí utilizando los operadores booleanos "y", "o", "no" y "xor", para lo cual se utilizaron las siguientes bases de datos: Elsevier, Emerald, Springer, Wiley, IEEE, Google Scholar. El objetivo central de este documento es realizar el balance del conocimiento sobre el impacto de la industria 4.0 en la cadena de suministro, clasificando artículos académicos y revistas industriales, revisando títulos, resúmenes y manuscritos en formato tradicional y sistemas de bibliotecas electrónicas.

Una vez realizado el procedimiento de búsqueda se verificaron los resultados obtenidos de acuerdo a la metodología establecida se muestran los siguientes documentos que cumplieron cabalmente los criterios establecidos, se enumera diecisiete artículos con los títulos, autores y principales focos de investigación, donde se muestra una variedad de nuevas tecnologías en las operaciones y cadenas de suministro, y sus posibles implicaciones para la sostenibilidad. En los siguientes párrafos, presentamos cada uno de los artículos especiales.

**Tabla No 1. Artículos académicos en el campo de la investigación de la industria 4.0 en la cadena de suministro**

<b>Título</b>	<b>Autor</b>	<b>Enfoque principal de la investigación</b>
The impact of digital technologies on economic and environmental performance in the context of industry 4.0: A moderated mediation model	(Li et al., 2020)	Tecnologías digitales; Industria 4.0; plataformas de cadena de suministro; Fabricación china contexto

(El impacto de las tecnologías digitales en el desempeño económico y ambiental en el contexto de la industria 4.0: un modelo de mediación moderado)		
Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective (Evaluación de tecnologías de la industria 4.0: una perspectiva de sostenibilidad)	(Bai et al., 2020)	Industria 4.0; evaluación de diferentes tecnologías I4.0
Industry 4.0: a supply chain innovation perspective (Industria 4.0: una perspectiva de innovación de la cadena de suministro)	(Hahn, 2020)	Enfoques para digitalizar los procesos operativos SC: crowdsourcing basado en plataformas de procesos estándar y bajo demanda prestación de servicios personalizados
Digital supply chain: challenges and future directions (Cadena de suministro digital: desafíos y direcciones futuras)	(Ageron et al., 2020)	Teorización emergente sobre la cadena de suministro digital. nuevas dimensiones estratégicas, organizativas y humanas de la cadena de suministro digital. presentan los problemas relacionados con la cadena de suministro digital.
Supply chain management 4.0: a literature review and research framework (Gestión de la cadena de suministro 4.0: una revisión de la literatura y un marco de investigación)	(Zekhnini et al., 2021)	Impacto de tecnologías novedosas. Marco de hoja de ruta para futuras investigaciones y prácticas.
The impact of Industry 4.0 implementation on supply chains (El impacto de la Industria 4.0 implementación en cadenas de suministro)	(Ghadge et al., 2020)	Implementación y propuso un marco para una adaptación y transición efectivas del concepto de Industria 4.0 a las cadenas de suministro.
A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0 (La cadena de suministro digital para gestionar los riesgos de interrupción y la resiliencia en la era de la Industria 4.0)	(Ivanov y Dolgui, 2021)	Diseño y la implementación de los gemelos digitales al gestionar los riesgos de interrupción en los SC.
Blockchain for Industry 4.0: A Comprehensive Review (Blockchain para la Industria 4.0: Una Revisión completa)	(Bodkhe et al., 2020)	revisión sistemática de varias soluciones basadas en blockchain y su aplicabilidad.
Blockchain Technology and the Sustainable Supply Chain:		Tecnología Blockchain; barreras de adopción

<p>Theoretically Exploring Adoption Barriers (Tecnología Blockchain y la cadena de suministro sostenible: teóricamente Explorando las barreras de adopción)</p>	(Kouhizadeh et al., 2021)	
<p>Industry 4.0 in Logistics and Supply Chain Management: A Systematic Literature Review (Industria 4.0 en logística y cadena de suministro Gestión: una revisión sistemática de la literatura)</p>	(Abdirad y Krishnan, 2020)	una revisión sistemática y síntesis de la literatura actual sobre Industria 4.0 en SCM
<p>Blockchain for the future of sustainable supply chain management in Industry 4.0  (Blockchain para el futuro de la gestión sostenible de la cadena de suministro en Industria 4.0)</p>	(Esmailian et al., 2020)	Descripción general de la tecnología Blockchain y la Industria 4.0 para hacer avanzar las cadenas de suministro hacia la sostenibilidad.
<p>Information and digital technologies of Industry 4.0 and Lean supply chain management: a systematic literature review (Tecnologías de la información y digitales de la Industria 4.0 y la gestión ajustada de la cadena de suministro: una revisión sistemática de la literatura)</p>	(Núñez-Merino et al., 2020)	Implicaciones de las relaciones entre las Tecnologías de la Información y Digitales (IDT) de la Industria 4.0 y la Gestión de la Cadena de Suministro Lean (LSCM)
<p>Intelligent supply chain performance measurement in Industry 4.0 (Medición inteligente del desempeño de la cadena de suministro en la Industria 4.0)</p>	(Xie et al., 2020)	Propone un marco de indicadores de medición del desempeño que consta de siete indicadores.
<p>Introducing an application of an industry 4.0 solution for circular supply chain management (Introducción de una aplicación de una solución de la industria 4.0 para la gestión de la cadena de suministro circular)</p>	(Mastos et al., 2021)	Enfoque circular en la literatura sobre la cadena de suministro. Se han desarrollado modelos y soluciones de economía circular asistidos por tecnologías de la industria 4.0
<p>Logistics innovation capability and its impacts on the supply chain risks in the Industry 4.0 era (Capacidad de innovación logística y sus impactos en los riesgos de la cadena de suministro en la era de la Industria 4.0)</p>	(Wang et al., 2020)	Aplicabilidad de la capacidad de innovación logística para evitar riesgos en la cadena de suministro

Smart Supply Chain Management: A Perspective of Industry 4.0 (Gestión inteligente de la cadena de suministro: una perspectiva de la industria 4.0)	(Pasi et al., 2020)	Marco conceptual basado en IoT para la industria de la cadena de suministro.
Transformation strategies for the supply chain: the impact of industry 4.0 and digital transformation (Estrategias de transformación para la cadena de suministro: el impacto de la industria 4.0 y la transformación digital)	(Preindl et al., 2020)	impacto de la "Industria 4.0" y la "Transformación digital" en el intercambio de información y la toma de decisiones en toda la cadena de suministro (SC).

---

Fuente: Elaboración propia

## Resultados

Diecisiete artículos cumplieron con los criterios de inclusión-exclusión establecidos según la metodología propuesta. Se identificó una mayor cantidad publicaciones en las bases de datos Taylor y Francis (6), Elsevier (5), Emerald (3), Wiley (1), IEEE Access (1) y researchgate (1). El lenguaje de publicación de escritura inglés, lasa investigaciones fueron desarrolladas en Reino unido (3), China (3), Alemania (3), India (2), Australia (1), Grecia (1), España (1) y Estados unidos (3), estudios realizados en los años 2020 (13),en el año 2021 (4). De los artículo mencionados se han podido identificar los siguientes resultados de acuerdo con la temática central que compone la naturaleza de estos:

Los resultados orientados de la industria 4.0 en la cadena de suministro digital Li et al. (2020) presentan teorías basadas en el procesamiento de la información explorando tecnologías digitales como son internet de las cosas, computación de la nube y big data, con la finalidad de promover una sostenibilidad economica y medioambiental. Por otra parte, Ageron et al. (2020) analizaron los deasfios y oportunidades en la cadena de suministro digital introduciendo teorías enfocadas en las tecnologías innovadoras como internet de las cosas, big data, computación en la nube aplicadas en las estrategias organizativas y humanas en la cadena de suministro digital.

Los resultados de la industria 4.0 en la cadena de suministro digital, Xie et al. (2020) definió indicadores de desempeño en la cadena de suministro basada en la industria 4.0 y Bai et al. (2020) examinan los términos de implicación de aplicación y sostenibilidad, basado en objetivos sostenibles por las naciones unidas, aplicación de la tecnología movil, nanotecnología y drones aplicados en diferentes industrias.

Por otra parte, Ivanov y Dolgui (2021) presentan un modelo computarizado que presenta los estados de la red en cualquier momento que permite descubrir las interrelaciones de los datos de riesgo, interrupciones y la evaluación del desempeño. Wang et al. (2020) presentan un estudio empírico sobre la capacidad de la innovación logística y los impactos de riesgos en la cadena de suministro en la era de la industria 4.0.

Los resultados de la industria 4.0 en la cadena de suministro digital, Bodkhe et al. (2020) presentan una revisión sistémica de varias soluciones con la tecnología blockchain basada en una estructura centralizada o altos costos de computación y comunicación. Kouhizadeh et al. (2021) en su investigación proporcionan una descripción general de las barreras de adoptar la tecnología blockchain para gestionar cadenas de suministro sostenibles utilizando un marco tecnológico, organizacional y ambiental. Por otro parte Esmailian et al. (2020) en su estudio proporcionan una descripción general de la tecnología blockchain y la industria 4.0 para hacer cadena de suministro sostenibles bajo tres temas principales: gestión de energía habilitada para el internet de las cosas, fábricas inteligentes, logística y transporte inteligente y modelos de negocios inteligentes.

Así mismo sobre la industria 4.0 Abdirad y Krishnan (2020) en su estudio presentan un concepto de la industria 4.0 que se enfoca en la automatización de sistemas, la digitalización y el intercambio de datos en las industrias. Pasi et al. (2020) desarrollan un marco conceptual basado en el internet de las cosas que permite aumentar el rendimiento de la cadena de suministro mediante un mejor intercambio de datos y una utilización de recursos bien organizada. En la investigación Preindl et al. (2020) se centra en el impacto de la industria 4.0 “transformación digital” en el intercambio de información y la toma de decisiones en toda la cadena de suministro siguiendo un enfoque cualitativo.

Sobre los abordajes teóricos empleados por los autores con respecto a definir el impacto de la industria 4.0 en la cadena de suministro digital Ghadge et al. (2020) realizan una revisión crítica de la literatura para explorar los impulsores claves y las barreras de implementar la industria 4.0 en cuatro dimensiones comerciales: estratégica, organizacional, tecnológica, legal y ética. Del mismo modo Zekhnini et al. (2021) presentan una revisión de la literatura de vanguardia existente sobre la gestión de la cadena de suministro 4.0 (SCM 4.0) e identifica y evalúa la relación entre las tecnologías digitales y la gestión de la cadena. Mastos et al. (2021) desarrollaron un enfoque circular en la literatura de la cadena de suministro que permite un rediseño en la economía circular con el uso de tecnologías en la industria 4.0, que permite la gestión de una cadena de suministro circular.

Finalmente Núñez-Merino et al. (2020) presentan una visión general del estado actual de la investigación y los aspectos clave e implicaciones de las relaciones entre las Tecnologías de la Información y Digitales (IDT) de la Industria 4.0 y la Gestión de la Cadena de Suministro Lean (LSCM) mediante revisión sistemática de la literatura para la identificación, selección y evaluación de la investigación publicada.

### **Discusión**

De acuerdo con los resultados obtenidos, es importante confiar en la tecnología para mejorar el rendimiento de la cadena de suministro en las empresas, se ha identificado la propuesta de Abdirad y Krishnan (2020) donde presentan un concepto de la industria 4.0 que se enfoca en la automatización de sistemas, la digitalización y el intercambio de datos en las empresas. Así mismo, Ghadge et al. (2020) realizan una revisión crítica de la literatura para explorar los impulsores claves y las barreras de implementar la industria 4.0 en cuatro dimensiones comerciales: estratégica, organizacional, tecnológica, legal y ética.

Por otro lado, es necesario indicar que la industria 4.0 es importante para hacer una cadena de suministro sostenible en la gestión de energía habilitada para el internet de las cosas, fabricas inteligentes, logística y transporte inteligente y modelos de negocios inteligentes. (Esmailian et al., 2020)

Es importante analizar los desafíos y oportunidades en la cadena de suministro digital conociendo las teorías enfocadas en las tecnologías innovadoras como internet de las cosas, big data, computación en la nube aplicadas en las estrategias organizativas y humanas en la cadena de suministro digital. (Ageron et al., 2020)

Finalmente, Esta claro que las nuevas tecnologías están desempeñando un papel importante en la sostenibilidad en las operaciones y la administración en la cadena de suministro. Es por ello, la importancia de estudiar artículos avanzados que ofrecen observaciones y conocimiento para llevar a cabo directrices para la digitalización y operaciones sostenibles en la administración de la cadena de suministro.

### **Conclusiones**

En este artículo se ha revisado la literatura sobre el impacto de la industria 4.0 en la cadena de suministro, identificando artículos de interés y una clasificación de literatura novedosa utilizando un

criterio de agrupamiento que permite analizar las tecnologías claves en la administración de la cadena de suministro.

Los hallazgos de los artículos hacen valiosas contribuciones tanto en lo teórico y práctico al describir las implicaciones de las nuevas tecnologías en el impacto de la industria 4.0 en la administración de la cadena de suministro, centrandose en una buena variedad de temas relevantes, perspectivas y métodos aplicables en la toma de decisiones de la cadena de suministro.

Así mismo, este trabajo proporciona una descripción detallada del estado actual de la investigación en la industria 4.0 en la cadena de suministro, las tendencias futuras relacionadas en la investigación y en la práctica, aspectos clave e implicaciones que permite aumentar el rendimiento de la cadena de suministro mediante intercambio de datos y una utilización de recursos bien organizados para una mejor toma de decisiones en la cadena de suministro.

Los resultados obtenidos deben tratarse como una introducción a un análisis en profundidad de la literatura relacionada con el alcance temático. Por lo que, este estudio todavía tiene algunas limitaciones. Primero, debido a limitaciones de tiempo, bases de datos que puede omitir parte de la literatura relevante. En segundo lugar, dado el rápido ritmo de cambio en la investigación actual, es posible que este estudio no cubra todos los valiosos temas de investigación.

## Referencias

- Abdirad, M., y Krishnan, K. (2020). Industry 4.0 in Logistics and Supply Chain Management: A Systematic Literature Review. *EMJ - Engineering Management Journal*, 00(00), 1–15. <https://doi.org/10.1080/10429247.2020.1783935>
- Ageron, B., Bentahar, O., y Gunasekaran, A. (2020). Digital supply chain: challenges and future directions. *Supply Chain Forum*, 21(3), 133–138. <https://doi.org/10.1080/16258312.2020.1816361>
- Arnold, C., Kiel, D., y Voigt, K. I. (2016). How the industrial internet of things changes business models in different manufacturing industries. *International Journal of Innovation Management*, 20(8), 1–25. <https://doi.org/10.1142/S1363919616400156>
- Bai, C., Dallasega, P., Orzes, G., y Sarkis, J. (2020). Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective. *International Journal of Production Economics*, 229. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107776>
- Barata, J., Rupino, P., Cunha, D., y Stal, J. (2017). Mobile supply chain management in the Industry

- 4.0 era: An annotated bibliography and guide for future research. *Journal of Enterprise Information Management*, 31(1), 173–192. <https://doi.org/10.1108/JEIM-09-2016-0156>
- Barreto, L., Amaral, A., y Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1183–1190. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.193>
- Bodkhe, U., Tanwar, S., Parekh, K., Khanpara, P., Tyagi, S., Kumar, N., y Alazab, M. (2020). Blockchain for Industry 4.0: A comprehensive review. *IEEE Access*, 8, 79764–79800. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988579>
- Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., y Rosenberg, M. (2014). How Virtualization, Decentralization, and Network-Building Change the manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. *Journal of industrial and Manufacturing Engineering*, 8(1), 37–44.
- BRICS Business Council. (2016). Skill Development for Industry 4.0. *Roland Berger GMBH. BRICS Skill Development Working Group, India Section*, 1–50. <http://indiainbusiness.nic.in/newdesign/upload/whitepaper-summaryskill-development-for-industry-4-0.pdf>
- Butner, K. (2010). The smarter supply chain of the future. *Strategy and Leadership*, 38(1), 22–31. <https://doi.org/10.1108/10878571011009859>
- Büyükoçkan, G., y Göçer, F. (2018). Digital Supply Chain: Literature review and a proposed framework for future research. *Computers in Industry*, 97, 157–177. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.02.010>
- Chiappetta Jabbour, C. J., Fiorini, P. D. C., Ndubisi, N. O., Queiroz, M. M., y Piato, É. L. (2020). Digitally-enabled sustainable supply chains in the 21st century: A review and a research agenda. *Science of the Total Environment*, 725, 138177. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138177>
- da Silva, V. L., Kovalski, J. L., y Pagani, R. N. (2019). Technology transfer in the supply chain oriented to industry 4.0: a literature review. *Technology Analysis and Strategic Management*, 31(5), 546–562. <https://doi.org/10.1080/09537325.2018.1524135>
- Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F., y Frank, A. G. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, 204(August), 383–394. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019>
- Digital, M. (2015). *Industry 4.0: How to Navigate Digitization of the Manufacturing Sector*.
- Ehret, M., y Wirtz, J. (2017). Unlocking value from machines: business models and the industrial internet of things. *Journal of Marketing Management*, 33(1–2), 111–130. <https://doi.org/10.1080/0267257X.2016.1248041>
- Esmailian, B., Sarkis, J., Lewis, K., y Behdad, S. (2020). Blockchain for the future of sustainable supply chain management in Industry 4.0. *Resources, Conservation and Recycling*, 163(June),

105064. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105064>
- Frank, A. G., Dalenogare, L. S., y Ayala, N. F. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, 210(January), 15–26. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004>
- Ghadge, A., Er Kara, M., Moradlou, H., y Goswami, M. (2020). The impact of Industry 4.0 implementation on supply chains. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(4), 669–686. <https://doi.org/10.1108/JMTM-10-2019-0368>
- Ghobakhloo, M. (2018). The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 29(6), 910–936. <https://doi.org/10.1108/JMTM-02-2018-0057>
- Ghobakhloo, M., y 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>
- Gunasekaran, A., y Ngai, E. W. T. (2004). Information systems in supply chain integration and management. *European Journal of Operational Research*, 159(2 SPEC. ISS.), 269–295. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2003.08.016>
- Haddud, A., DeSouza, A., Khare, A., y Lee, H. (2017). Examining potential benefits and challenges associated with the Internet of Things integration in supply chains. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 28(8), 1055–1085. <https://doi.org/10.1108/JMTM-05-2017-0094>
- Hahn, G. J. (2020). Industry 4.0: a supply chain innovation perspective. *International Journal of Production Research*, 58(5), 1425–1441. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1641642>
- Hofmann, E., y Rüscher, M. (2017). Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry*, 89, 23–34. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2017.04.002>
- Ivanov, D., y Dolgui, A. (2021). A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0. *Production Planning and Control*, 32(9), 775–788. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1768450>
- Kagermann, H., W., y Wahlster, Helbig, J. (2013). *Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0: Final Report of the Industrie 4.0 Working Group*.
- Kagermann, H. (2015). Change Through Digitization: Value Creation in the Age of Industry 4.0. En *In Management of Permanent Change*.
- Kang, H. S., Lee, J. Y., Choi, S., Kim, H., Park, J. H., Son, J. Y., Kim, B. H., y Noh, S. Do. (2016). Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology*, 3(1), 111–128. <https://doi.org/10.1007/s40684-016-0015-5>

- Kayikci, Y. (2018). Sustainability impact of digitization in logistics. *Procedia Manufacturing*, 22, 533–538. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.078>
- Kolberg, D., y Zühlke, D. (2015). Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies. *IFAC-PapersOnLine*, 28(3), 1870–1875. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.359>
- Kouhizadeh, M., Saberi, S., y Sarkis, J. (2021). Blockchain technology and the sustainable supply chain: Theoretically exploring adoption barriers. *International Journal of Production Economics*, 231, 107831. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107831>
- Laudien, S. M., y Daxböck, B. (2016). The influence of the industrial internet of things on business model design: A qualitative-empirical analysis. *International Journal of Innovation Management*, 20(8). <https://doi.org/10.1142/S1363919616400144>
- Li, G., Yang, H., Sun, L., y Sohal, A. S. (2009). The impact of IT implementation on supply chain integration and performance. *International Journal of Production Economics*, 120(1), 125–138. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.07.017>
- Li, Y., Dai, J., y Cui, L. (2020). The impact of digital technologies on economic and environmental performance in the context of industry 4.0: A moderated mediation model. *International Journal of Production Economics*, 229(May 2019), 107777. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107777>
- Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E. de F. R., y Ramos, L. F. P. (2017). Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal. *International Journal of Production Research*, 55(12), 3609–3629. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1308576>
- Lopes de Sousa Jabbour, A. B., Jabbour, C. J. C., Godinho Filho, M., y Roubaud, D. (2018). Industry 4.0 and the circular economy: a proposed research agenda and original roadmap for sustainable operations. *Annals of Operations Research*, 270(1–2), 273–286. <https://doi.org/10.1007/s10479-018-2772-8>
- Luthra, S., y Mangla, S. K. (2018). Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 168–179. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.04.018>
- Malhotra, N. K. (2012). *Basic Marketing Research* (Pearson (Ed.)). Georgia Institute of Technology.
- Manavalan, E., y Jayakrishna, K. (2019). A review of Internet of Things (IoT) embedded sustainable supply chain for industry 4.0 requirements. *Computers and Industrial Engineering*, 127, 925–953. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.11.030>
- Mastos, T. D., Nizamis, A., Terzi, S., Gkortzis, D., Papadopoulos, A., Tsagkalidis, N., Ioannidis, D., Votis, K., y Tzouvaras, D. (2021). Introducing an application of an industry 4.0 solution for circular supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 300. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126886>

- Moeuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S., Tamayo-Giraldo, S., y Barbaray, R. (2018). The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(3), 1118–1136. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1372647>
- Nasiri, M., Ukko, J., Saunila, M., y Rantala, T. (2020). Managing the digital supply chain: The role of smart technologies. *Technovation*, 96–97(May 2019). <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2020.102121>
- Neugebauer, R., Hippmann, S., Leis, M., y Landherr, M. (2016). Industrie 4.0 - From the Perspective of Applied Research. *Procedia CIRP*, 57, 2–7. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.002>
- Núñez-Merino, M., Maqueira-Marín, J. M., Moyano-Fuentes, J., y Martínez-Jurado, P. J. (2020). Information and digital technologies of Industry 4.0 and Lean supply chain management: a systematic literature review. *International Journal of Production Research*, 58(16), 5034–5061. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1743896>
- Paprocki, W. (2017). How Transport and Logistics Operators Can Implement the Solutions of ‘‘Industry 4.0’’. En M. Suchanek (Ed.), *Sustainable Transport Development, Innovation and Technology* (pp. 185--196). Springer International Publishing. [https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-51427-7\\_16](https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-51427-7_16)
- Pasi, B. N., Mahajan, S. K., y Rane, S. B. (2020). Smart Supply Chain Management : A Perspective of Industry 4 . 0. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(5), 3016–3030. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29012.01920>
- Pereira, A. C., y F., R. (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, 13, 89–93. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.013>
- Porter, M. E., y Heppelmann., J. E. (2015). How Smart, Connected Products are Transforming Companies. *Harvard Business Review*, 93(10), 96–114.
- Porter, M. E., y Heppelmann, J. E. (2014). How Smart, Connected Products are Transforming Competition. *Harvard Business Review*, 92(10), 64–88.
- Prajogo, D., y Olhager, J. (2012). Supply chain integration and performance: The effects of long-term relationships, information technology and sharing, and logistics integration. *International Journal of Production Economics*, 135(1), 514–522. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.09.001>
- Preindl, R., Nikolopoulos, K., y Litsiou, K. (2020). Transformation strategies for the supply chain: the impact of industry 4.0 and digital transformation. *Supply Chain Forum*, 21(1), 26–34. <https://doi.org/10.1080/16258312.2020.1716633>
- Rennung, F., Luminosu, C. T., y Draghici, A. (2016). Service Provision in the Framework of Industry 4.0. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 221, 372–377. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.127>

- Santos, C., Mehraei, A., Barros, A. C., Araújo, M., Ares, E., Santos, C., Mehraei, A., Barros, A. C., Araújo, M., y Ares, E. (2017). Towards Industry 4.0: an overview of European strategic roadmaps. *Procedia Manufacturing*, 13, 972–979. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.093>
- Sarvari, P. A., Ustundag, A., Cevikcan, E., y Cebi, S. (2019). *Technology Roadmap for Industry 4.0. In: Industry 4.0: Managing The Digital Transformation. August.*
- Saucedo-Martínez, J. A., Pérez-Lara, M., Marmolejo-Saucedo, J. A., Salais-Fierro, T. E., y Vasant, P. (2018). Industry 4.0 framework for management and operations: a review. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 9(3), 789–801. <https://doi.org/10.1007/s12652-017-0533-1>
- Schmidt, B., Rutkowsky, S., Petersen, I., Klötzke, F., Wallenburg, C. M., y Einmahl, L. (2015). Digital Supply Chains: Increasingly Critical for Competitive Edge. *European A.T Kearney/WHU Logistics Study 2015*, 1–18.
- Schneider, P. (2018). Managerial challenges of Industry 4.0: an empirically backed research agenda for a nascent field. En *Review of Managerial Science* (Vol. 12, Número 3). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/s11846-018-0283-2>
- Schrauf, S., y Bertram, P. (2016). How digitization makes the supply chain more efficient , agile , and customer-focused. *Strategy and PWC*, pg. 1-32. <https://www.strategyand.pwc.com/media/file/Industry4.0.pdf>  
<http://www.strategyand.pwc.com/reports/industry4.0>
- Stevens, G. C., y Johnson, M. (2016). Integrating the Supply Chain ... 25 years on. En *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management* (Vol. 46, Número 1). <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-07-2015-0175>
- Strange, R., y Zucchella, A. (2017). Industry 4.0, global value chains and international business. *Multinational Business Review*, 25(3), 174–184. <https://doi.org/10.1108/MBR-05-2017-0028>
- Tjahjono, B., Esplugues, C., Ares, E., y Pelaez, G. (2017). What does Industry 4.0 mean to Supply Chain? *Procedia Manufacturing*, 13, 1175–1182. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.191>
- Van Alstyne, M. W., Parker, G. G., y Paul Choudary, S. (2016). Pipelines, platforms, and the new rules of strategy. *Harvard Business Review*, 2016(April).
- Wagire, A. A., Rathore, A. P. S., y Jain, R. (2020). Analysis and synthesis of Industry 4.0 research landscape: Using latent semantic analysis approach. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(1), 31–51. <https://doi.org/10.1108/JMTM-10-2018-0349>
- Wang, M., Asian, S., Wood, L. C., y Wang, B. (2020). Logistics innovation capability and its impacts on the supply chain risks in the Industry 4.0 era. *Modern Supply Chain Research and*

- Applications*, 2(2), 83–98. <https://doi.org/10.1108/mscra-07-2019-0015>
- Wank, A., Adolph, S., Anokhin, O., Arndt, A., Anderl, R., y Metternich, J. (2016). Using a Learning Factory Approach to Transfer Industrie 4.0 Approaches to Small- and Medium-sized Enterprises. *Procedia CIRP*, 54, 89–94. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.05.068>
- Wu, L., Jin, X., Yue, A., y Yen, D. C. (2016). Smart supply chain management: a review and implications for future research. *International Journal of Logistics Management*, 27(2), 395–417. <https://doi.org/10.1108/ijlm-03-2014-0041>
- Xie, Y., Yin, Y., Xue, W., Shi, H., y Chong, D. (2020). Intelligent supply chain performance measurement in Industry 4.0. *Systems Research and Behavioral Science*, 37(4), 711–718. <https://doi.org/10.1002/sres.2712>
- Yin, Y., Stecke, K. E., y Li, D. (2018). The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(1–2), 848–861. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1403664>
- Zekhnini, K., Cherrafi, A., Bouhaddou, I., Benghabrit, Y., y Garza-Reyes, J. A. (2021). Supply chain management 4.0: a literature review and research framework. *Benchmarking*, 28(2), 465–501. <https://doi.org/10.1108/BIJ-04-2020-0156>
- Zheng, P., wang, H., Sang, Z., Zhong, R. Y., Liu, Y., Liu, C., Mubarak, K., Yu, S., y Xu, X. (2018). Smart manufacturing systems for Industry 4.0: Conceptual framework, scenarios, and future perspectives. *Frontiers of Mechanical Engineering*, 13(2), 137–150. <https://doi.org/10.1007/s11465-018-0499-5>