

GESTIÓN DE OPERACIONES

INDUSTRIALES



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRUJILLO, PERÚ
Marzo, 2022

Supply Chain in the Context of Industry 4.0

Eduard Chávez, Saul Cholan, Héctor Diaz, Luigui Figueroa, Alexia Marín, Joe González *

*Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n
– Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

Correo electrónico: jgonzalezv@unitru.edu.pe

ABSTRACT

Purpose – Its objective is to improve the efficiency of logistics tasks.

Methodology - This research article was composed using a systematic revision of numerous publications focused on the theme of our research using the Technological Vigilance Service of the Universidad Nacional de Trujillo.

Findings - This review article shows how the supply chain influenced the 4th industrial revolution, how it was organized and what strategies were used for the transition of the supply chain in industry 4.0.

Value - Revolutionizing logistics and supply chain management in smart manufacturing is one of the key goals of the industry 4.0 movement. Emerging technologies such as autonomous vehicles, cyber physical systems and digital twins enable highly optimized and automated solutions in these areas to ensure full traceability of each product. Keeping track of various assets in the factory and warehouse is the focal point of asset management.

Keywords: Supply chain management; logistics; industry 4.0; asset management.

Cadena de Suministro en el Contexto de la Industria 4.0

RESUMEN

Propósito - Hacer un seguimiento de varios activos en la fábrica y el almacén es el punto central de la gestión de activos; su objetivo es mejorar la eficiencia de las tareas logísticas

Metodología - Este artículo de investigación fue elaborado a partir de una revisión sistemática de numerosas publicaciones enfocadas en el tema de nuestra investigación utilizando el Servicio de Vigilancia Tecnológica de la Universidad Nacional de Trujillo.

Hallazgos – Este artículo de revisión muestra cómo la cadena de suministro influyó en la 4ª revolución industrial, cómo se organizó y qué estrategias se utilizaron para la transición de la cadena de suministro en la industria 4.0.

Valor - La revolución de la logística y la gestión de la cadena de suministro en la fabricación inteligente es uno de los objetivos clave del movimiento Industria 4.0. Las tecnologías emergentes, como los vehículos autónomos, los sistemas ciber físicos y los gemelos digitales, permiten soluciones altamente optimizadas y automatizadas en estas áreas para garantizar la trazabilidad completa de cada producto.

Palabras clave: Gestión de la cadena de suministro; logística; industria 4.0; gestión de activos.

1. Introducción

El advenimiento y la convergencia de nuevas tecnologías que han desencadenado la 4ta Revolución Industrial el cual apertura hacia nuevos cambios fundamentales y sin precedentes en la forma en que operan las redes de producción impulsadas por la cadena de suministro (van Lopik et al., 2020). Lo que caracteriza a esta Cuarta Revolución Industrial, entre otras cosas, es el alcance y la escala de posibles transformaciones que no solo aumentarán la productividad en la lógica de negocios actual, sino que también repensarán de manera integral la forma en que estos modelos y relaciones a través de la cadena de abastecimiento (Frontoni et al., 2020).

Dado que la transformación digital requiere, entre otras cosas, tremendas capacidades técnicas, financieras y humanas para capitalizar la evolución y adaptarse a una nueva economía, aquellos mejor equipados para enfrentar este desafío podrán comprometerse con las empresas más complejas ubicadas en el país (Yörükoğlu & Aydın, 2020). Es una empresa al mismo tiempo, con una mayor competitividad del sistema, existe el riesgo de que muchas empresas pertenecientes a la misma cadena de suministro, pero sin la capacidad de adaptación, puede ser reemplazada por otra empresa con un mayor nivel de avance tecnológico (Sutawijaya & Nawangsari, 2020). Así también, el desempeño de las empresas depende también de las características macroeconómicas de las regiones en las que se ubican y de las condiciones microeconómicas de sus redes (Facchini et al., 2020). El potencial disruptivo del nuevo panorama de fabricación global ha hecho de la transformación digital una de las principales preocupaciones de los gobiernos, las grandes corporaciones y las pequeñas empresas (Correa et al., 2020). Por lo que esta revisión propone un panorama general del estado de la evolución actual en el que se encuentra la industria a nivel global, los factores que influyen en la rápida transición hacia un mundo más digitalizado, así como su importancia en el sector industrial en el marco de la cadena de suministros.

2. Metodología

La información necesaria fue recopilada de artículos publicados en los últimos años, se recurrió a Scopus para realizar la búsqueda de la información en el que se utilizó las palabras clave “Logistic”, “Industry 4.0” “Suply chain”.

De los muchos resultados obtenidos se limitó la búsqueda para artículos de los años 2019, 2020, 2021 y 2022. Todos los artículos recopilados fueron publicados en inglés y de diferentes países.

3. Resultados

3.1. La cadena de suministros en la cuarta revolución industrial

Las cadenas de suministro son la columna vertebral de la economía moderna (Bodkhe et al., 2020). Actualmente, la diversidad de partes interesadas y los procesos involucrados ha resultado en una gestión compleja, y las nuevas tecnologías prometen mejorar la eficiencia (Abdirad & Krishnan, 2020).

La Cuarta Revolución Industrial es un movimiento global e imparable que afectará a gobiernos, empresas y economías de manera muy sustancial. Se implementan agendas digitales integrales para la industria del futuro interconectada, que cambia rápida y socialmente disruptiva (Kucukaltan et al., 2020). Por ejemplo, en Europa, Industria 4.0 se lanzó a fines de 2011 como parte de la estrategia de alta tecnología del gobierno alemán para transformar la industria utilizando sistemas ciber físicos. (Kucukaltan et al., 2020) Su objetivo era hacer fábricas más inteligentes y aptas para responder a las crecientes demandas de la sociedad. Sin embargo, la transformación de los sistemas productivos va más allá de las fronteras organizacionales para asegurar la integración digital horizontal, vertical y de extremo a extremo (Dharmasiri et al., 2020). Actualmente, las economías más avanzadas del mundo, las industrias globales y las empresas de consultoría colocan las transformaciones de la cadena de suministro en la cima de las prioridades industriales (Sharma et al., 2020). Dos razones que justifican esta importancia son la creciente cantidad y potencial de datos y las innovaciones en la cadena de suministro.

3.1.1. La cadena de suministro

La cadena de suministro fue, por primera vez, identificado por Oliver y Webber en 1982, y desde entonces ha evolucionado para enfrentar los desafíos que presenta la economía moderna. Con la globalización, la gestión de la cadena de suministro se convirtió en una de las principales preocupaciones organizacionales que apuntan a un proceso continuo de aumento de la eficiencia de la cadena de suministro donde las estructuras más complejas deben optimizarse para obtener el máximo beneficio en circunstancias normales (Lagorio et al., 2020).

La cadena de suministro es la actividad principal de una organización que convierte materias primas o componentes en productos o servicios terminados. Buscamos proveedores y proveedores de materias primas o repuestos en la cadena de suministro de una organización (de Man et al., 2020). En un entorno de fabricación tradicional, las interacciones con los proveedores a menudo ocurren a través de la "compra" y los materiales se envían a los almacenes y a los almacenes de productos terminados en la planta de producción, la actividad principal de la "gestión operativa" desempeñará un papel importante en el movimiento de recursos y productos a lo largo de la logística de la cadena de suministro para garantizar que los productos terminados lleguen a los consumidores (Pekarčíková et al., 2020).

Las cadenas de suministro pueden tomar la forma de cadenas de suministro basadas en productos o servicios donde los servicios se combinan para proporcionar un servicio común a los clientes en lugar de productos terminados. Un ejemplo sería el transporte de mercancías, personal y clientes. Servicio. Se necesitan barcos, suministros y combustible para proporcionar servicios de transporte a los consumidores. A medida que las cadenas de suministro se conectan con proveedores y clientes, comienzan a construir redes de cadenas de suministro que pueden comprender el flujo de materiales e información de una manera mucho más compleja (Arif et al., 2020).

Los actores principales son:

- **Proveedores de insumos primarios y secundarios**

Los distribuidores primarios son proveedores directos de insumos para grandes empresas manufactureras. Los distribuidores secundarios son aquellos que proporcionan insumos a las empresas primarias, convirtiéndose en proveedores indirectos (Ma et al., 2020).

- **Empresas manufacturadas**

Suelen ser grandes empresas y pertenecen a distintas industrias, como la automotriz, la alimentaria o la de textilera.

Mayoristas y minoristas. Son empresas del ámbito de la comercialización que acercan los productos desde la empresa fabricante hasta el consumidor final (Ma et al., 2020).

- **Organismos de control.**

Participan en el movimiento de mercancías, específicamente de exportaciones e importaciones, para que cumplan con las normas establecidas, ya sean internacionales y nacionales aplicadas en materia de condiciones arancelarias, sanitaria y de seguridad (Pekarčíková et al., 2020).

- **Proveedores de tecnología.**

Estas están conformadas por empresas proveedoras de tecnología y sistemas para la gestión digital y automatización de procesos (Dev et al., 2020).

- **Proveedores de servicios financieros.**

Están conformadas por bancos e instituciones financieras que brindan acceso a financiamiento para inversiones y capital a través de herramientas como factoring, garantías, leasing y préstamos (Bodkhe et al., 2020).

3.1.2. La revolución tecnológica

La evolución tecnológica de la última década ha dado lugar a un impresionante avance en varias áreas como big data, inteligencia artificial robótica, etc, lo que ha dado lugar a la llamada 4ta revolución industrial. Podemos decir que la 1ra revolución industrial se hizo famosa por el uso de máquinas a vapor en la fase de producción, la 2da revolución industrial utilizó la electricidad para lograr la producción en masa, la 3ra revolución industrial utilizó la tecnología de la información para automatizar procesos y la cuarta revolución industrial se basó en la convergencia sin precedentes de las tecnologías digitales. (van Lopik et al., 2020). La revolución está comenzando a desdibujar las líneas entre el espacio físico y el espacio digital. La tecnología digital tiene el potencial de generar importantes beneficios económicos (Danjou et al., 2020).

Entre las tecnologías clave de la cuarta revolución industrial se puede identificar las siguientes.

· **Internet de pensamiento y servicio (IoT)**

Internet de las cosas o comúnmente conocido como IoT es un concepto que tiene como objetivo ampliar los beneficios de una conexión a Internet siempre conectada. Esencialmente, IoT se refiere a objetos que pueden identificarse de manera única como representaciones virtuales en una estructura basada en Internet (Lagorio et al., 2020).

En las operaciones de almacén, IoT puede ayudar en la gestión de aspectos de salud y seguridad ocupacional, como sensores instalados en equipos de manejo de materiales (MHE) que se pueden conectar a un dispositivo que proporcionará información si MHE viaja a una velocidad más allá del límite y/o choca contra algo (Correa et al., 2020). Completo con información de ubicación, horas y conductores. En el aspecto de la precisión del inventario, IoT puede ayudar a los cálculos con un alto grado de precisión y sin involucrar mucho poder humano. Como con el uso de sensores contenidos en cada estantería que pueden proporcionar información sobre el número de productos contenidos en la estantería en tiempo real (Dolgui et al., 2020).

· **Análítica de big data**

Trata de producir bases de datos demasiado grandes, para encontrar patrones en los datos, como correlaciones o relaciones causales. Esta tecnología es ampliamente utilizada en áreas como el marketing digital y el comercio electrónico, utilizando las "huellas dactilares" de los usuarios de Internet para adaptar los anuncios a los intereses de estos usuarios (Fathi et al., 2020).

· **Inteligencia artificial**

Permite que una computadora aprenda el proceso sin tener que programarlo previamente gracias a ciertos algoritmos. Cuando los algoritmos se aplican al análisis de la información, estos "aprenden" y modifican su comportamiento. Los ejemplos más comunes del uso del aprendizaje automático se encuentran en los automóviles autónomos, la recomendación de productos en plataformas electrónicas, o es capaz de detectar fraudes con tarjetas de crédito (Granillo-Macías et al., 2020).

3.1.3. La influencia de la cadena de suministro en el futuro

La Cadena de Suministro 4.0 se puede decir que es la aplicación de tecnologías en la cuarta revolución industrial a diferentes métodos de procesos de una cadena de suministro. Estas se diferencian por un elevado grado de conectividad entre los dominios físico y digital, donde los sensores IoT permiten la recopilación y transmisión de información en tiempo real que permiten tomar decisiones para diferentes procesos, para mejorar el rendimiento del subproceso en tiempo real (Bemthuis et al., 2020). Por su parte, la automatización y la robótica facilitan la implementación de decisiones sin intervención humana. Con la convergencia de las tecnologías de IoT, IA, se espera ahorrar mucho tiempo como también costos, agilidad y gestión de riesgos, entre otros elementos clave de la adquisición. rendimiento de la cadena (Garay-Rondero et al., 2020).

3.1.3.1. Digitalización e IoT

La ubicuidad de estos elementos de procesos que anteriormente era manual brinda beneficios sin precedentes. Para 2020 estarán operativos más de 50 mil millones de sensores IoT, mejorando drásticamente la conectividad entre organizaciones (Tozanlı et al., 2020). Esto es fundamental para mejorar el desempeño de las cadenas donde el proceso está ampliamente distribuido entre una gran cantidad de actores. Por ejemplo, los sensores adjuntos a las botellas envían información sobre la temperatura, el tiempo y la ubicación de las botellas para ayudar a administrar la calidad y el inventario en toda la línea (Esmailian et al., 2020). Reemplazar los sensores de los camiones puede proporcionar a los administradores de flotas información del gasto de velocidad y combustible, así como también los posibles daños al vehículo que requieren mantenimiento preventivo. Una carretilla elevadora "conectada" puede encontrar datos de inventario y comunicarlo en tiempo real a los administradores de almacenes y usuarios (Büttner et al., 2020).

Ningún elemento como motores, botellas o carretillas elevadoras, se ha asociado tradicionalmente a la información (Moldabekova et al., 2021). Gracias a este elemento, los componentes ahora pueden iniciar la generación y transmisión de la gran cantidad de datos necesarios para monitorear el estado de la cadena de suministro. En concreto, aumenta la transparencia de toda la cadena, permite a los participantes tomar decisiones más informadas, responde a los cambios y desviaciones del plan en tiempo real, minimiza el riesgo de confusión y satisface la demanda en todo momento (Pires et al., 2021).

Según investigaciones existentes, las empresas que invierten en tecnología IoT pueden reducir el inventario hasta en un 30 %, aumentar el cumplimiento hasta en un 7 % y aumentar los ingresos hasta en un 15 % (Portna et al., 2021).

3.1.3.2. La Inteligencia artificial

La inteligencia artificial viene siendo unas tecnologías más transformadoras que componen la cadena de suministro. A través de la implementación de algoritmos aplicados para recopilar big data, originales de muchas fuentes relacionadas con actividades de muchos de los actores de la cadena, se puede alcanzar un nuevo límite de servicio y eficacia de los resultados de la actividad de las cadenas (Ramingwong et al., 2021). La puesta en acción de estas tecnologías como parte de una acción inteligente general de cambio del proceso de suministro mejorará drásticamente los procesos clave de la cadena, como la previsión de la demanda; gestión de cumplimiento de pedidos; gestión logística integrada e inteligente en almacenes, fábricas y muelles; gestión de distribución y transmisión, entre otros (Affia & Aamer, 2021).

No hace mucho se ha considerado la idea de Process Mining como uno de los elementos de aplicación de la inteligencia artificial para mejorar y gestionar los procesos de la cadena de suministro. Este tipo de solución permite, mediante el uso de big data y el apoyo de inteligencia artificial, identificar desviaciones de los procesos estándar, predecir resultados inesperados e iniciar acciones de movimiento óptimo. El uso de este método permite alcanzar nuevas metas de producción antes difíciles de pensar (Pires et al., 2021).

La incorporación de algoritmos de inteligencia artificial en los billones de datos proporcionados por los sensores de IoT y los grandes datos recopilados por otros sistemas mejorará en gran medida la previsión de la demanda (Affia & Aamer, 2021).

En cuanto a la logística, desde hace 9 años, empresas como Amazon trabajan con inteligencia artificial para disminuir el tiempo de entrega de los productos comprados a través del comercio electrónico (Ramingwong et al., 2021). Los algoritmos crean perfiles de compradores basados en el historial de compras, la búsqueda, la demografía, la ubicación y más. Con base en este perfil, los algoritmos hacen predicciones sobre las compras que los consumidores realizarán en el futuro. Estos productos se envían a las tiendas más cercanas al consumidor para que, tras una compra, puedan ser entregados de forma inmediata. El uso de esta tecnología será fundamental para satisfacer la creciente demanda de entregas rápidas, de bajo costo o gratuitas. De esta forma,

mientras que en la actualidad las entregas en el día significan el 6 % del total de entregas de Amazon, se prevé que para 2026 alcance el 16% (Barykin et al., 2021).

A pesar de reconocer el impacto de esta tecnología en la cadena de suministro, la adopción aún está en pañales en la mayoría de las industrias. En una encuesta reciente de McKinsey a 1000 ejecutivos globales, solo el 8 % dijo que estaba participando en iniciativas de IA que se aplican a partes determinantes como parte de su estrategia general de cambio de la cadena de suministro y del negocio. Por otro lado, el mayor porcentaje de los líderes dan prueba de proyectos piloto que se aplican a un proceso o tarea en particular (MICHLOWICZ, 2021).

3.1.3.3. Automatización

La tecnología de sensores y la inteligencia artificial son clave para la automatización, otro sello distintivo de la cadena de suministro digital. La automatización del proceso de fabricación ha aumentado en las últimas décadas, y hoy en día encontramos fábricas llevadas a cabo por máquinas autónomas. Al mismo tiempo, la fuerza laboral se está enfocando en los procesos de mayor valor agregado (Barykin et al., 2021).

De su lado, la automatización va a revolucionar la logística y el transporte en todos sus aspectos. Entre los avances más destacados se encuentran:

- Platooning

Esta es una tecnología que utiliza la conectividad inalámbrica en conjunto con el control de crucero adaptativo para conformar un grupo de camiones que ajustan automáticamente la rapidez y la distancia, imitando los cambios de velocidad y dirección liderados por los camiones (Ozbalci, 2021). La mayoría de los principales actores de este sector, como Volvo, DAF, Daimler, Scania e Iveco, se encuentran realizando pruebas a la tecnología principalmente durante los corredores geo-cercados en EE. UU., Europa y Singapur (Nagar et al., 2021). Uno de los controles más minuciosos se llevó a cabo en Europa en el 2016, cuando grupos de camiones arribaron al puerto de Róterdam desde diferentes naciones, tras cruzar fronteras y pasar por zonas de alta congestión (Dobrowolski, 2021). Los datos recopilados de varias pruebas muestran que, gracias a una coordinación mayor y eficiencia durante la conducción de camiones, esta tecnología ahorra combustible entre 10 % y 30 % por año. Asimismo, las tecnologías que requieren las flotas, como Advanced Emergency Braking System, AEBS y AEBS, pueden reducir hasta en un 80% la cantidad de accidentes relacionados con camiones, incluso si no están involucrados en una columna (Sundarakani et al., 2021).

- Camiones autónomos

Está asociada con la conducción automática de camiones de nivel 4 y superiores. El interés de la industria automotriz y las empresas de tecnología ha incrementado, junto con la tecnología de prueba en áreas abiertas y geográficamente confinadas (Tran-Dang & Kim, 2021). Por ejemplo, una compañía también ha desarrollado un nuevo concepto de camión que no requiere conductor de taxi. Esto aumentará la capacidad de carga del vehículo (Wahab et al., 2021). En junio de 2019, Volvo anunció que el vehículo comenzará a operar en contenedores entre el almacén y el puerto de Gotemburgo. Información actual de los EE.UU. muestran que la introducción de camiones autónomos puede reducir los costos operativos en la industria de camiones en un 45 % (Wahab et al., 2021).

Los beneficios de los camiones autónomos, comenzando con la automatización de nivel 3, pueden ser sustanciales, e incluyen:

(i) Tareas repetitivas reducidas y valor agregado reducido, liberando tiempo del conductor para tareas de conducción, transporte de mercancías, etc. y mayor interés en el oficio (actualmente en un declive que preocupa a las autoridades en paises importantes) (Mastos et al., 2021).

- (ii) Reducir los costos de mano de obra, que representan alrededor del 60% de los costos del transporte por tierra (Mastos et al., 2021).
- (iii) Reducir el “factor humano” (fatiga, errores, etc.), que a veces son las causas de los accidentes de tráfico (Mastos et al., 2021).
- (iv) Aumento del horario de funcionamiento, ya que no está sujeto a cambios por parte del conductor (Mastos et al., 2021).
- (v) Cuando se combina con la conectividad de carro a carro y de vehículo a punto de control (V2V y V2I respectivamente), aumenta la eficiencia de enrutamiento de la empresa de transporte y la infraestructura operativa de gestión del tráfico de las instalaciones (Hossain & Thakur, 2021).
- (vi) Incremento del poder de la infraestructura, disminución de la congestión y mejor cumplimiento de los lineamientos, basados en la conducción segura y coordinada entre vehículos, lo que reduce las distancias requeridas entre ellos (Shayganmehr et al., 2021).

- Drones

La tecnología de drones, comúnmente conocida como "dron", ha recibido mucha atención en la industria de la tecnología y la logística, ya que se ha probado en una amplia gama de actividades, como el transporte de carga de recolección de luz a través de la entrega remota de medicamentos y el transporte de equipamiento de salud en emergencias a zonas con escasa conexión a internet o congestión. Otros usos incluyen ayudar con el monitoreo en tránsito, la gestión de inventario en almacenes y la creación de imágenes para la planificación de envíos (Pishdar et al., 2021).

- Infraestructuras logísticas automatizadas

La tecnología de automatización también empieza a hacerse presente en las operaciones de infraestructura logística. En cuanto a los almacenes, la instalación de robots y la inteligencia artificial para la gestión de movimientos e inventarios, preparación de pedidos y cumplimiento de pedidos es muy rápida, gracias a los avances en los desarrollos tecnológicos para la industria, menor costo de adquisición de tecnología en comparación con otros segmentos, retorno claro en la inversión y la capacidad para satisfacer la mayor demanda en medio del creciente volumen de negocios debido al incremento del comercio por internet (Spieske & Birkel, 2021).

Por otro lado, en el caso de los muelles, la automatización de grúas y equipos para el movimiento de contenedores también genera importantes expectativas económicas de productividad, gracias a operaciones estándar y consistentes, 24 horas al día y 7 días a la semana (Hartsch et al., 2021). Este es un factor importante debido al aumento continuo en las medidas de los barcos, lo que genera grandes desafíos operativos en las maniobras de atraque de los buques, así como en la gestión de la flota de contenedores. Sin embargo, las grandes inversiones requeridas, junto con la preocupante disminución futura de la fuerza laboral portuaria, ha resultado en un bajo nivel de adopción, con solo el 2% de las terminales semiautomáticas y el 1% de las terminales totalmente automatizadas a nivel mundial en la actualidad (Moshood & Sorooshian, 2021).

3.1.4. Necesidades de una transformación integral

Los nuevos avances en los sistemas de información y comunicación ofrecen innumerables oportunidades para la inteligencia y la autonomía de la cadena de suministro de la Industria 4.0, el aprendizaje de estas tecnologías se vuelve una necesidad principal para las industrias actuales, lo que da un sentido de pertenencia y significado de la industria hacia el mercado (Toktaş-Palut, 2022).

La automatización está creciendo rápidamente y aumentando las rivalidades de competencia donde la supervivencia a largo plazo se convierte en un problema para las industrias. Para esto, las industrias están utilizando sistemas habilitados por software como medio de comunicación para permitir que las organizaciones resistan las últimas tendencias (Khalifa et al., 2021).

La transformación digital en el mundo se conoce como Industria 4.0 que generalmente significa el avance en modelos comerciales existentes donde las operaciones comerciales están interconectadas entre sí por el modo digital, esta nueva etapa está siendo mapeada digitalmente todas las operaciones de tal manera que los flujos físicos de recursos o mercancías no se resientan en ninguna etapa (Cano et al., 2021).

A través de estas tecnologías de Industria 4.0, es posible recopilar y analizar datos a través de sistemas conectados, lo que lleva a procesos más eficientes, productos de mejor calidad y reducir costos, aumenta la capacidad de compartir datos precisos y puntuales, algunos otros beneficios son una mayor productividad, un mejor uso de los recursos, alto compromiso e involucramiento de las áreas de la cadena de suministro tanto de coordinación horizontal y vertical, mejores relaciones con los clientes, rápida respuesta a las nuevas tendencias del mercado, menores costos de desarrollo de productos y plazos de entrega más cortos (Stanisławski & Szymonik, 2021).

En la implementación de estas nuevas tecnologías es primordial considerar la intervención de todos actores de la industria, el compromiso hacia la transformación digital para obtener los beneficios generados en esta nueva etapa, por ejemplo el big data aplicado en los dispositivos IoT de un supermercado, pone a disponibilidad información sobre cambios o variaciones de la demanda, y que este sea notificado en los procesos de manufactura, aprovisionamiento y transporte, utilizado como un recurso. Otro ejemplo en las empresas logísticas con operaciones en puertos aduaneros permite la planificación de sus operaciones en la gestión adecuada de tráfico de cargas (Ada et al., 2021).

Así mismo en el sector agroindustrial la trazabilidad es un parámetro importante para considerar en las industrias, la implementación de tecnología Big data contempla un sistema de trazabilidad completa mediante el uso de dispositivos que responden al cambio enviados en algoritmos enviados a sistemas que interpretan, generan y comparten información no solo entre proveedores, contratistas y empresas, sino también en comercializadores y transportistas (Hartsch et al., 2021).

3.2. Estrategias integrales para la transición hacia la cadena de suministro 4.0

La nueva ideología de los grandes líderes de la cadena de suministro es equilibrar la capacidad de resistir al cambio y la eficiencia para asegurar sus sistemas y redes ante posibles sucesos como es el contexto de pandemia COVID 19, tener una red con alta capacidad de flexibilidad significa un método que pone a evidencia para cambiar las actividades de abastecimiento, fabricación y distribución en tiempo más cortos. Rediseñar cadenas de suministro que sean altamente resistentes, las organizaciones deberían implementar sistemas de simulación en cadena de suministro existente con el objetivo de predecir, visualizar y cuantificar los impactos de las acciones tomadas en sus indicadores clave de desempeño (Tu et al., 2021).

Si bien no existen estrategias integrales altamente definidas hacia una transformación de cadena de suministro 4.0, los gobiernos de los países deben trabajar de manera conjunta con el sector privado, la transferencia de información oportuna permitirá tomar determinación en acciones que tengan impacto positivo hacia la transformación digital en el marco de innovación y sostenibilidad que son dos ejes importantes dentro de las organizaciones que le definen y permiten mantenerse en el tiempo (Yu et al., 2021).

3.2.1. Programas de industria 4.0

En los países industrializados se muestra que a través del desarrollo de planes nacionales para la Industria 4.0, los gobiernos establecen planes para incentivar la digitalización de los procesos de producción (Strandhagen et al., 2017). Estas iniciativas nacionales poseen un impacto directo en la transformación digital de las cadenas de suministro. Entre las buenas prácticas encontradas en estos planes, el sector público está trabajando con el sector privado para desarrollar planes metodológicos y lineamientos para apoyar a las empresas de manufactura a mantenerse en el rumbo de la industria 4.0 (Sustainable & Manufacturing, 2021).

Cuando se trata de documentación de situaciones de uso, la veteranía alemana está a la vanguardia. Por otro lado, la elaboración de índices de futuros, España y Singapur proporcionan los modelos más complejos. Específicamente el indicador de madurez de Singapur, este posee exclusivamente un módulo especial aplicado a valorar el grado de la digitalización en la cadena de suministro (Fernandez et al., 2021).

En total, los planes de la industria 4.0 suelen centrarse en la digitalización de las pequeñas y medianas empresas, que, son las que más soporte necesitan en su transformación digital. Este apoyo incluye programas de formación, servicios de consultoría y asesoría, establecimientos de desarrollo y evaluación para nuevos casos de uso y recompensas financieros (Yu et al., 2021).

Siguiendo el actual ejemplo, el planeamiento de la industria 4.0 de Alemania se centra en la evolución tecnológica y su efecto indirecto horizontal de tecnologías específicas y verticales en sectores industriales predefinidos. La red de institutos Fraunhofer clasifica empresas privadas y universidades para llevar a cabo investigaciones en áreas verticales, así como específicas de la tecnología. Este modelo aplicado por Estados Unidos para desarrollar su red de establecimientos tecnológicos. Otros lugares también han estudiado el caso de Alemania para imitar sus mejores prácticas y avances tecnológicos (Fernandez et al., 2021).

Estados Unidos es sobre todo típico porque ha formalizado colaboraciones entre agencias gubernamentales y el sector privado para poner en marcha establecimientos de investigación y formación enfocados en tecnologías innovadoras que impactan la cadena de suministro (Strandhagen et al., 2017).

3.2.2. Planes logísticos

La logística ha evolucionado enormemente en los últimos treinta años desde una función puramente operativa centrada en informar a ventas o fabricación, adquirir líneas de productos y enviarlas a los clientes, a una función de gestión de la cadena de suministro independiente que, en algunas empresas, ya está gestionada por el encargado de la cadena de suministro (Bamunuarachchi et al., 2021).

El enfoque de las funciones de gestión de la cadena de suministro se ha dirigido hacia protocolos de planificación avanzados, por ejemplo, la preparación analítica de la demanda o S&OP integrado, que ha cambiado en un proceso comercial establecido para muchas empresas, así como la logística operativa mayormente se subcontrata a proveedores de servicios de logística externos. Las capacidades de la cadena de suministro proporcionan operaciones integradas desde el cliente hasta el proveedor (Ho et al., 2021).

Los países analizados en los últimos años han desarrollado o renovado planes logísticos para incorporar la conversión digital a centrarse en este ámbito. Por tanto, el objetivo es fortalecer el desarrollo tecnológico de los nodos y digitalizar las funciones logísticas y simplificar y digitalizar los procedimientos y el control aduanero (Correia et al., 2021).

La logística marcará una gran diferencia con una mejor comunicación, análisis avanzados, fabricación aditiva y automatización mejorada. Así como, a medida que los almacenes se automaticen, veremos vehículos aún más autónomos e inteligentes, la impresión 3D también está transformando por completo los enfoques de gestión de inventario y almacenamiento (Jin et al., 2020).

Las tareas de planificación, como la planificación de la demanda, la preparación del proceso de planificación de la demanda analítica, la planificación de la producción acumulada y la planificación del suministro, requieren mucho tiempo y, a menudo, son manuales. Con soporte de sistema avanzado, el 80-90 % del total de tareas de planificación se pueden automatizar y aun así brindar una mayor calidad que el trabajo manual (Mohd Salleh et al., 2021). El proceso de planificación analítica de la demanda se realiza semanalmente y el proceso de toma de decisiones se basa en escenarios que pueden actualizarse en tiempo real. Esta precisión, detalle y velocidad afectan otros factores como el servicio, los costos de la cadena de suministro y el inventario. El

sistema puede detectar excepciones cuando el programador necesita intervenir para tomar una decisión (Pourmehdi et al., 2021).

El Plan Federal de Infraestructura de Alemania son ejemplos de buenas prácticas por el hecho que Esto incluye, en particular, el vínculo entre la logística y la digitalización. Esto se debe a que es necesario promover la introducción de nuevas tecnologías en la infraestructura de transporte, como carreteras, puertos y vías férreas. En particular, hemos priorizado el desarrollo de sistemas de transporte inteligente en corredores logísticos clave para mejorar la recopilación y emisión de datos para la gestión del tráfico y optimizar el uso de la infraestructura (Pekarčíková et al., 2020). La aplicación de la tecnología 4.0 a la industria y la infraestructura marina también se identifica como una de las áreas prioritarias para aumentar la competitividad del país en este sector. Por ello sugiere que es necesario liderar la investigación e implementación de redes 5G, tecnologías 4.0 para el sector marítimo, El plan de desarrollo de infraestructura logística a mediano y largo plazo de China (2014-2020) también presenta el sector logístico como una de las industrias estratégicas del país como un ejemplo relacionado (Fathi et al., 2020). Por lo tanto, proporciona un marco innovador y completo para avanzar en el desarrollo de la industria logística, para así mejorar la eficiencia y mejorar la competitividad.

Es importante mencionar que, como buena práctica, los planes logísticos estratégicos deben basarse en la visión global de la industria del transporte e incluir diferentes modalidades en un marco general orientador (Sutawijaya & Nawangsari, 2020).

3.2.3. Planes y agendas digitales

Además de las estrategias de logística, los planes y programas digitales que abordan desafíos específicos de infraestructura en telecomunicaciones, planes de banda ancha o programas digitales, existe un mayor enfoque en la ejecución de un ecosistema de aplicaciones centrado en la transformación digital (Ma et al., 2020).

La iniciativa nacional de banda ancha brinda orientación y hojas de ruta a los sectores público y privado para desarrollar las redes fijas y móviles necesarias para la transformación digital de la sociedad y la economía en su conjunto (Granillo-Macías et al., 2020).

Por lo tanto, los gobiernos pueden mejorar la comunicación al permitir la conectividad multiplataforma basada en una estrategia definida para avanzar hacia un estándar de datos común. En la segunda categoría, la financiación e incubación de empresas tecnológicas se ha centrado en desarrollar productos y servicios para tener una mejor eficiencia en las cadenas de suministro, como aplicaciones de inteligencia artificial o sistemas robóticos (Büttner et al., 2020).

La Agenda Digital también incluye recomendaciones para la transformación digital en la fabricación con un enfoque particular en el sector de las PYME. Si bien todos los países avanzados tienen planes nacionales de banda ancha y agendas digitales, el ejemplo de Corea del Sur es particularmente relevante debido a dos factores: el carácter cíclico de la planificación y las metas actualizadas; si como la participación formal del sector privado en la ejecución de planes (Garay-Rondero et al., 2020).

4. Conclusiones

La revolución industrial 4.0 ha dado un gran salto en el sector industrial, especialmente en las empresas dedicadas a empresas de servicios como organizadores de eventos, donde se explotan las tecnologías de la información. Para ser competitivas, las empresas deben ser capaces de seguir el modelo de esta Industria 4.0 y preparar las estrategias que sean adecuadas para todos los departamentos (Esmailian et al., 2020).

Esto significa que ha habido un rápido cambio tecnológico en forma de Internet de las cosas (IoT), inteligencia artificial o inteligencia artificial (AI), automatización, robótica y Big Data que influye directamente en la logística y el personal operativo.

Se puede decir que la cadena de suministro influyó en la rápida transición hacia un mundo más digitalizado, así como su importancia en el sector industrial.

5. Referencias Bibliográficas.

- Abdirad, M., & Krishnan, K. (2020). Industry 4.0 in Logistics and Supply Chain Management: A Systematic Literature Review. *EMJ - Engineering Management Journal*, 1–15. <https://doi.org/10.1080/10429247.2020.1783935>
- Ada, N., Ethirajan, M., Kumar, A., Vimal, K. E. K., Nadeem, S. P., Kazancoglu, Y., & Kandasamy, J. (2021). *Blockchain Technology for Enhancing Traceability and Efficiency in Automobile Supply Chain — A Case Study*. 1–21.
- Affia, I., & Aamer, A. (2021). An internet of things-based smart warehouse infrastructure: design and application. *Journal of Science and Technology Policy Management*. <https://doi.org/10.1108/JSTPM-08-2020-0117>
- Arif, J., Azzouz, K., Mouzouna, Y., & Jawab, F. (2020). Design on improvement of traceability process in the outsourcing of logistics' activities using the internet of things (IoT) applications. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(1), 1093–1108.
- Bamunuarachchi, D., Georgakopoulos, D., Banerjee, A., & Jayaraman, P. P. (2021). Digital twins supporting efficient digital industrial transformation. *Sensors*, 21(20). <https://doi.org/10.3390/s21206829>
- Barykin, S. Y., Bochkarev, A. A., Dobronravin, E., & Sergeev, M. (2021). The place and role of digital twin in supply chain management. *Academy of Strategic Management Journal*, 20(SpecialIssue2), 1–19.
- Bemthuis, R., Iacob, M. E., & Havinga, P. (2020). A design of the resilient enterprise: A reference architecture for emergent behaviors control. *Sensors (Switzerland)*, 20(22), 1–39. <https://doi.org/10.3390/S20226672>
- Bodkhe, U., Tanwar, S., Parekh, K., Khanpara, P., Tyagi, S., Kumar, N., & Alazab, M. (2020). Blockchain for Industry 4.0: A comprehensive review. *IEEE Access*, 8, 79764–79800. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988579>
- Büttner, T., Wenzel, K., Stange, M., & Fischer, M. (2020). Bidirectional synchronization in supply chains - Requirements and approach for synchronization of production and interlogistics. *ZWF Zeitschrift Fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 115(12), 855–859. <https://doi.org/10.3139/104.112474>
- Cano, J. A., Salazar, F., Gómez-Montoya, R. A., & Cortés, P. (2021). Disruptive and Conventional Technologies for the Support of Logistics Processes: A Literature Review. *International Journal of Technology*, 12(3), 448–460. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v12i3.4280>
- Correa, J. S., Sampaio, M., de Casto Barros, R., & de Castro Hilsdorf, W. (2020). IoT and BDA in the Brazilian future logistics 4.0 scenario. *Production*, 30, 1–14. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20190102>
- Correia, D., Teixeira, L., & Marques, J. L. (2021). Last-mile-as-a-service (LMaaS): An innovative concept for the disruption of the supply chain. *Sustainable Cities and Society*, 75(August). <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103310>
- Danjou, C., Bled, A., Cousin, N., Roland, T., Perrier, N., Bourgault, M., & Pellerin, R. (2020). Industry 4.0 in Construction Site Logistics: A Comparative Analysis of Research and Practice. *Journal of Modern Project Management*, 7(4), 296–310.

<https://doi.org/10.19255/JMPM02214>

- de Man, J. C., Strandhagen, J. W., Buer, S. V., & Strandhagen, J. O. (2020). Planning and control frameworks of the future. *International Journal of Mechatronics and Manufacturing Systems*, 13(3), 199–209. <https://doi.org/10.1504/IJMMS.2020.111281>
- Dev, N. K., Shankar, R., & Qaiser, F. H. (2020). Industry 4.0 and circular economy: Operational excellence for sustainable reverse supply chain performance. *Resources, Conservation and Recycling*, 153. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2019.104583>
- Dharmasiri, P., Kavalchuk, I., & Akbari, M. (2020). Novel implementation of multiple automated ground vehicles traffic real time control algorithm for warehouse operations: Dijkstra approach. *Operations and Supply Chain Management*, 13(4), 396–405. <https://doi.org/10.31387/OSCM0430279>
- Dobrowolski, Z. (2021). Internet of things and other e-solutions in supply chain management may generate threats in the energy sector—the quest for preventive measures. *Energies*, 14(17). <https://doi.org/10.3390/en14175381>
- Dolgui, A., Ivanov, D., Potryasaev, S., Sokolov, B., Ivanova, M., & Werner, F. (2020). Blockchain-oriented dynamic modelling of smart contract design and execution in the supply chain. *International Journal of Production Research*, 58(7), 2184–2199. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1627439>
- Esmailian, B., Sarkis, J., Lewis, K., & Behdad, S. (2020). Blockchain for the future of sustainable supply chain management in Industry 4.0. *Resources, Conservation and Recycling*, 163. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2020.105064>
- Facchini, F., Olésków-Szłapka, J., Ranieri, L., & Urbinati, A. (2020). A maturity model for logistics 4.0: An empirical analysis and a roadmap for future research. *Sustainability (Switzerland)*, 12(1), 1–18. <https://doi.org/10.3390/SU12010086>
- Fathi, M., Nourmohammadi, A., Ghobakhloo, M., & Yousefi, M. (2020). Production sustainability via supermarket location optimization in assembly lines. *Sustainability (Switzerland)*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/SU12114728>
- Fernandez, C. M., Alves, J., Gaspar, P. D., & Lima, T. M. (2021). Fostering awareness on environmentally sustainable technological solutions for the post-harvest food supply chain. *Processes*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/pr9091611>
- Frontoni, E., Rosetti, R., Paolanti, M., & Alves, A. C. (2020). HATS project for lean and smart global logistic: A shipping company case study. *Manufacturing Letters*, 23, 71–74. <https://doi.org/10.1016/J.MFGLET.2019.12.003>
- Garay-Rondero, C. L., Martinez-Flores, J. L., Smith, N. R., Caballero Morales, S. O., & Aldrette-Malacara, A. (2020). Digital supply chain model in Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(5), 887–933. <https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2018-0280>
- Granillo-Macías, R., Simón-Marmolejo, I., González-Hernández, I. J., & Zuno-Silva, J. (2020). Traceability in industry 4.0: A case study in the metal-mechanical sector. *Acta Logistica*, 7(2), 95–101. <https://doi.org/10.22306/AL.V7I2.162>
- Hartsch, F., Kemmerer, J., Labelle, E. R., Jaeger, D., & Wagner, T. (2021). Integration of harvester production data in German wood supply chains: Legal, social and economic requirements. *Forests*, 12(4), 1–16. <https://doi.org/10.3390/f12040460>
- Ho, G. T. S., Tang, Y. M., Tsang, K. Y., Tang, V., & Chau, K. Y. (2021). A blockchain-based system to enhance aircraft parts traceability and trackability for inventory management. *Expert Systems with Applications*, 179(April). <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115101>

- Hossain, M. K., & Thakur, V. (2021). Benchmarking health-care supply chain by implementing Industry 4.0: a fuzzy-AHP-DEMATEL approach. *Benchmarking*, 28(2), 556–581. <https://doi.org/10.1108/BIJ-05-2020-0268>
- Jin, C., Bouzembrak, Y., Zhou, J., Liang, Q., van den Bulk, L. M., Gavai, A., Liu, N., van den Heuvel, L. J., Hoenderdaal, W., & Marvin, H. J. P. (2020). Big Data in food safety- A review. *Current Opinion in Food Science*, 36, 24–32. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.11.006>
- Khalifa, N., Abd Elghany, M., & Abd Elghany, M. (2021). Exploratory research on digitalization transformation practices within supply chain management context in developing countries specifically Egypt in the MENA region. *Cogent Business and Management*, 8(1). <https://doi.org/10.1080/23311975.2021.1965459>
- Kucukaltan, B., Saatcioglu, O. Y., Irani, Z., & Tuna, O. (2020). Gaining strategic insights into Logistics 4.0: expectations and impacts*. *Production Planning and Control*. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1810760>
- Lagorio, A., Zenezini, G., Mangano, G., & Pinto, R. (2020). A systematic literature review of innovative technologies adopted in logistics management. *International Journal of Logistics Research and Applications*. <https://doi.org/10.1080/13675567.2020.1850661>
- Ma, X., Wang, J., Bai, Q., & Wang, S. (2020). Optimization of a three-echelon cold chain considering freshness-keeping efforts under cap-and-trade regulation in Industry 4.0. *International Journal of Production Economics*, 220. <https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2019.07.030>
- Mastos, T. D., Nizamis, A., Terzi, S., Gkortzis, D., Papadopoulos, A., Tsagkalidis, N., Ioannidis, D., Votis, K., & Tzovaras, 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>
- MICHLÓWICZ, E. (2021). Logistics engineering and industry 4.0 and digital factory. *Archives of Transport*, 57(1), 59–72. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.7484>
- Mohd Salleh, N. H., Selvaduray, M., Jeevan, J., Ngah, A. H., & Zailani, S. (2021). Adaptation of industrial revolution 4.0 in a seaport system. *Sustainability (Switzerland)*, 13(19), 1–13. <https://doi.org/10.3390/su131910667>
- Moldabekova, A., Philipp, R., Satybaldin, A. A., & Prause, G. (2021). Technological Readiness and Innovation as Drivers for Logistics 4.0*. *Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 8(1), 145–156. <https://doi.org/10.13106/JAFEB.2021.VOL8.NO1.145>
- Moshood, T. D., & Sorooshian, S. (2021). The Physical Internet: A means towards achieving global logistics sustainability. *Open Engineering*, 11(1), 815–829. <https://doi.org/10.1515/eng-2021-0080>
- Nagar, D., Raghav, S., Bhardwaj, A., Kumar, R., Lata Singh, P., & Sindhwani, R. (2021). Machine learning: Best way to sustain the supply chain in the era of industry 4.0. *Materials Today: Proceedings*, 47, 3676–3682. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.267>
- Ozbalci, S. (2021). *LogForum*. 17(4), 547–554.
- Pekarčíková, M., Trebuňa, P., Kliment, M., Edl, M., & Rosocha, L. (2020). Transformation the logistics to digital logistics: Theoretical approach. *Acta Logistica*, 7(4), 217–223. <https://doi.org/10.22306/AL.V7I4.174>
- Pires, M. C., Parreira, R., & Frazzon, E. M. (2021). Integrated operational supply chain planning in industry 4.0. *International Journal of Integrated Supply Management*, 14(1), 28–49.

<https://doi.org/10.1504/IJISM.2021.113566>

- Pishdar, M., Danesh Shakib, M., Antucheviciene, J., & Vilkonis, A. (2021). Interval type-2 fuzzy super sbm network dea for assessing sustainability performance of third-party logistics service providers considering circular economy strategies in the era of industry 4.0. *Sustainability (Switzerland)*, 13(11). <https://doi.org/10.3390/su13116497>
- Portna, O. V., Iershova, N. Y. U., Tereshchenko, D. A., & Kryvytska, O. R. (2021). Economic business partnerships within industry 4.0: New technologies in management. *Montenegrin Journal of Economics*, 17(1), 151–163. <https://doi.org/10.14254/1800-5845/2021.17-1.11>
- Pourmehdi, M., Paydar, M. M., Ghadimi, P., & Azadnia, A. H. (2021). Analysis and evaluation of challenges in the integration of Industry 4.0 and sustainable steel reverse logistics network. *Computers and Industrial Engineering*, 163(November 2021), 107808. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107808>
- Ramingwong, S., Tippayawong, K. Y., Sopadang, A., Santiteerakul, S., Limcharoen, A., & Manopiniwes, W. (2021). IT Usage in Logistics and Supply Chain of Thai Industry Toward Industry 4.0. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences*, 20(2), 1–11. <https://doi.org/10.12982/CMUJNS.2021.021>
- Sharma, R., Shishodia, A., Kamble, S., Gunasekaran, A., & Belhadi, A. (2020). Agriculture supply chain risks and COVID-19: mitigation strategies and implications for the practitioners. *International Journal of Logistics Research and Applications*. <https://doi.org/10.1080/13675567.2020.1830049>
- Shayganmehr, M., Gupta, S., Laguir, I., Stekelorum, R., & Kumar, A. (2021). Assessing the role of industry 4.0 for enhancing swift trust and coordination in humanitarian supply chain. *Annals of Operations Research*. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-04430-4>
- Spieske, A., & Birkel, H. (2021). Improving supply chain resilience through industry 4.0: A systematic literature review under the impressions of the COVID-19 pandemic. *Computers and Industrial Engineering*, 158(June), 107452. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107452>
- Stanisławski, R., & Szymonik, A. (2021). Impact of selected intelligent systems in logistics on the creation of a sustainable market position of manufacturing companies in poland in the context of industry 4.0. *Sustainability (Switzerland)*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/su13073996>
- Strandhagen, J. O., Vallandingham, L. R., Fragapane, G., Strandhagen, J. W., Stangeland, A. B. H., & Sharma, N. (2017). Logistics 4.0 and emerging sustainable business models. *Advances in Manufacturing*, 5(4), 359–369. <https://doi.org/10.1007/s40436-017-0198-1>
- Sundarakani, B., Ajaykumar, A., & Gunasekaran, A. (2021). Big data driven supply chain design and applications for blockchain: An action research using case study approach. *Omega (United Kingdom)*, 102. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2021.102452>
- Sustainable, S., & Manufacturing, C. (2021). *Smart Sustainable City Manufacturing and Logistics : A Framework for City Logistics Node 4 . 0 Operations*.
- Sutawijaya, A. H., & Nawangsari, L. C. (2020). What is the impact of industry 4.0 to green supply chain? *Journal of Environmental Treatment Techniques*, 8(1), 207–213.
- Toktaş-Palut, P. (2022). Analyzing the effects of Industry 4.0 technologies and coordination on the sustainability of supply chains. *Sustainable Production and Consumption*, 30, 341–358. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.12.005>

- Tozanlı, Ö., Kongar, E., & Gupta, S. M. (2020). Trade-in-to-upgrade as a marketing strategy in disassembly-to-order systems at the edge of blockchain technology. *International Journal of Production Research*, 58(23), 7183–7200. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1712489>
- Tran-Dang, H., & Kim, D.-S. (2021). The Physical Internet in the Era of Digital Transformation: Perspectives and Open Issues. *IEEE Access*, 9, 164613–164631. <https://doi.org/10.1109/access.2021.3131562>
- Tu, L., Lv, Y., Zhang, Y., & Cao, X. (2021). Logistics service provider selection decision making for healthcare industry based on a novel weighted density-based hierarchical clustering. *Advanced Engineering Informatics*, 48(May), 101301. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2021.101301>
- van Lopik, K., Schnieder, M., Sharpe, R., Sinclair, M., Hinde, C., Conway, P., West, A., & Maguire, M. (2020). Comparison of in-sight and handheld navigation devices toward supporting industry 4.0 supply chains: First and last mile deliveries at the human level. *Applied Ergonomics*, 82. <https://doi.org/10.1016/J.APERGO.2019.102928>
- Wahab, S. N., Rajendran, S. D., & Yeap, S. P. (2021). *LogForum AND SUPPLY CHAIN INDUSTRY FOR THE FOURTH INDUSTRIAL*. 17(3), 399–410.
- Yörükoğlu, M., & Aydin, S. (2020). Smart container evaluation by neutrosophic MCDM method. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 38(1), 723–733. <https://doi.org/10.3233/JIFS-179444>
- Yu, Y., Zhang, J. Z., Cao, Y., & Kazancoglu, Y. (2021). Intelligent transformation of the manufacturing industry for Industry 4.0: Seizing financial benefits from supply chain relationship capital through enterprise green management. *Technological Forecasting and Social Change*, 172(June), 120999. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120999>