



TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN COMERCIO

Año Académico 2024-25

TÍTULO: Impacto de las tecnologías emergentes en las cadenas de suministros y sus desafíos de aplicabilidad en entornos dinámicos.

AUTOR/A: Verónica León Molero

TUTOR/A: Pedro Emilio Colina Morales

Convocatoria Ordinaria Mayo 2025

Agradecimientos

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento al profesor Pedro Colina, cuyo acompañamiento y orientación fueron fundamentales para dar forma a la idea inicial de este Trabajo de Fin de Grado y convertirla en un resultado académico sólido. Extiendo también mi gratitud a mis amigos, por su constante apoyo y palabras de aliento a lo largo de este proceso. Finalmente, agradezco profundamente a mi familia, por su inquebrantable confianza en mis capacidades y su respaldo permanente hacia el cumplimiento de esta meta.

Resumen

El panorama global enfrenta una combinación desafiante entre volatilidad, incertidumbre y complejidad. Estos factores afectan directamente a la logística y, especialmente, a Cadenas de Suministro, donde las empresas luchan por mantener su posición competitiva en el mercado. Este estudio analiza cómo las tecnologías emergentes pueden mitigar o agravar estos efectos. Su implementación puede mejorar la eficiencia, adaptabilidad y resiliencia operativa frente a los desafíos del entorno.

Gracias a la metodología *Revisión Sistemática de la Literatura*, hemos construido marco robusto guiándonos en aportaciones de autores como Tranfield, Denyer y Smart (2003), Rousseau (2008) y Valilai y Sodachi (2020), entre otros. Estos estudios permiten justificar la elección metodológica y conectar directamente la teoría a la práctica. El proceso seguido para desarrollar esta tesis comenzó con la definición del problema y la formulación de objetivos. Identificamos tecnologías clave de la I4.0 como IoT, Big Data, IA generativa. Posteriormente, se realizó un análisis del contexto actual de las cadenas de suministro en entornos dinámicos, así como de los principales desafíos de implementación tecnológica, con énfasis en uno de ellos, la ciberseguridad.

Esta investigación permite comprender el papel clave de la tecnología en la evolución de la cadena de suministro, además de proponer una guía aplicada de la implementación a seguir por empresarios para tener éxito.

Palabras clave: *Tecnologías emergentes, Industria 4.0, Cadena de Suministro, Entornos dinámicos, Optimización operativa.*

Abstract

The global landscape faces a challenging combination of volatility, uncertainty, and complexity. These factors directly affect logistics and, especially, Supply Chains, where companies struggle to maintain their competitive position in the market. This study analyzes how emerging technologies can either mitigate or increase these effects. Their implementation may enhance efficiency, adaptability, and operational resilience in response to environmental challenges.

Thanks to the Systematic Literature Review methodology, we have built a robust framework guided by contributions from authors such as Tranfield, Denyer and Smart (2003), Rousseau (2008), and Valilai and Sodachi (2020), among others. These studies support the methodological choice and directly connect theory to practice. The process followed to develop this thesis began with the clear definition of the problem and the formulation of specific objectives. We identified key Industry 4.0 technologies such as IoT, Big Data, and Generative AI. Subsequently, an analysis of the current context of supply chains in dynamic environments was carried out, as well as the main challenges of technological implementation—with particular emphasis on one of them: cybersecurity.

This study helps to understand the key role of technology in the evolution of supply chains and proposes a practical implementation guide for business leaders aiming for success.

Keywords: *Emerging technologies, Industry 4.0, Supply Chain, Dynamic environments, Operational optimization.*

ÍNDICE

1. Introducción.	6
1.1 Justificación.	8
1.2 Objetivos.	9
2. Metodología.	10
3. Marco Teórico.	16
3.1 Industria 4.0.	16
3.1.1 Tecnologías emergentes en la I4.0.	17
3.1.2 Beneficios y desafíos de la I4.0.	20
3.1.3 Panorama actual de la implementación I4.0 en empresas.	21
3.2 Entornos Dinámicos.	25
3.3 Cadenas de suministro.	28
3.3.1 Cadenas de suministros y su aplicabilidad en entornos dinámicos.	30
3.3.2 Proceso de implementación de tecnologías emergentes en CS de grandes empresas operativas en entornos dinámicos.	33
4. Aportes y discusiones.	41
4.1 Aportes al conocimiento y a la literatura.	41
4.2 Aportes prácticos para la gestión empresarial.	44
4.3 Reflexiones críticas sobre los desafíos actuales.	47
5. Conclusiones.	51
6. Limitaciones y futuras líneas de investigación.	53
7. Bibliografía.	55
8. Anexos.	58
8.1 Índice de tablas.	58
8.2 Índice de figuras.	58

1. INTRODUCCIÓN.

Actualmente, el mundo que nos rodea está caracterizado por la variabilidad, interconexión global y constante evolución mundial. Hablamos de una creciente complejidad que afecta a la gestión de la cadena de suministros (CS), donde los procesos logísticos han cobrado mayor relevancia y complejidad (Yongkuk , 2022). En dicha complejidad, aparecen dos conceptos claves relacionados con la producción que son: la agilidad e innovación en los procesos de fabricación y logísticos de las CS. Estas características permiten mantener la eficiencia y claras ventajas competitividad en las empresas. Sin embargo, si analizamos este tema en profundidad surge cierta interrogante; ¿Cuáles son los desafíos y recompensas de implementar estas innovaciones en las CS de las organizaciones?.

Ciertos autores defienden que las cadenas de suministros ágiles permiten a las compañías ser lo suficientemente flexibles para responder a las volátiles o dinámicas demandas de consumidores y productos manufacturados. Todo es gracias a poder cambiar el volumen, variedad u otro tipo de característica sin aumentar los costes, disminuir la calidad o la entrega (Yusuf, 2002). Por lo tanto, es de gran importancia de poseer cadenas de suministros ágiles para poder competir y adaptarse a las imprevistas fluctuaciones del mercado sin repercutir en grandes costes para las empresas. Esta agilidad en las CS se logra cuando las empresas adoptan y usan de apoyo las nuevas tecnologías que ofrece la industria.

Sin embargo, también existen ideas que se oponen a una implementación en masa de las tecnologías emergentes, será importante utilizar nuevas tecnologías en las cadenas de suministros ágiles dependiendo del contexto y capacidades empresariales específicas y evitando generalizaciones. Para adoptar exitosamente CS ágiles se deberá estudiar los factores internos y externos empresariales específicos, y así asegurarse que se alineen con los objetivos y capacidades organizacionales.

En concordancia, estudios empíricos demuestran que firmas que operan en entornos altamente dinámicos utilizan tecnologías ágiles de forma más intensiva y así, obtienen mejores resultados. (Leite & Braz, 2016). Ahora bien, definamos brevemente que se entiende por “entorno dinámico” pero que posteriormente volveremos a tratar en detalle; los entornos dinámicos son aquellos que cambian rápidamente y de manera impredecible, reforzando la premisa de que las empresas deben reaccionar apresuradamente para mantener su competitividad y huir de la obsolescencia. (Kerik, J. C & Tornés, A. G, 2001) Nuevamente, se demuestra y refuerza la

premisa de que en este tipo de entornos el uso intensivo de procesos ágiles no es solo una ventaja, sino una necesidad para asegurar la supervivencia empresarial.

Desde el enfoque de la innovación, una pieza clave es la aparición de una nueva era de revolución industrial conocida como “La industria 4.0” (*I4.0*) que entra agitando el panorama empresarial. Esta transformación integra nuevas tecnologías como “*Internet of Things (IoT)*”, Digitalización y Automatización, *Machine Learning*, *Big Data*, entre otros. Ha quedado demostrado que *I4.0* es un apoyo en la toma de decisiones empresariales en ambientes dinámicamente cambiantes (Valilai & Sodachi, 2020). Por tanto, el uso de estas herramientas tecnológicas da como resultados CS más ágiles e implícitamente resilientes que saben gestionar de forma eficaz los riesgos, adaptarse a cambios imprevistos y obtener rendimientos constantes de las actividades empresariales. La resiliencia de la cadena de suministro depende la agilidad, innovación, flexibilidad, etc. (Martin, Peck, Shin, & Park, 2020). Estas características pueden ayudarles a posicionarse mejor a la incertidumbre del mercado, los requisitos cambiantes de los clientes y los acontecimientos perturbadores de manera oportuna.

Debido al creciente interés por la situación actual y tendencias de la CS en empresas, en este trabajo buscamos analizar la aplicabilidad de las tecnologías emergentes en las CS ágiles para empresas que operan en entornos dinámicos y altamente competitivos. Proponemos que las empresas deben contar con una capacidad adaptativa para responder a los imprevistos de forma eficiente, apoyándose en la implementación de las nuevas tecnologías en sus procesos logísticos y de producción, sin menospreciar los beneficios y los posibles efectos o dificultades que pueden enfrentar sino modernizan sus procesos. Múltiples autores- que iremos mencionando en el transcurso de este documento- han investigado este campo a lo largo de los años. Sin embargo, considero que todavía existen lagunas a tratar y poder contribuir en definir el impacto de las nuevas tecnologías emergentes en la CS y su contribución a la obtención de agilidad.

1.1 Justificación.

Actualmente, vivimos en un entorno global marcado por la volatilidad, interconexión e incesante transformación. Esta creciente complejidad impacta directamente en la gestión de la cadena de suministro (CS), donde los procesos logísticos han ganado protagonismo y sofisticación (Yongkuk, 2022). En este contexto, dos conceptos fundamentales emergen como respuesta: la agilidad y la innovación en la producción y logística, esenciales para sostener la eficiencia y la competitividad. Sin embargo, surge una pregunta clave: ¿cuáles son los desafíos y beneficios de integrar innovaciones tecnológicas en las CS organizacionales?

Diversos estudios destacan que las CS ágiles permiten a las empresas adaptarse rápidamente a cambios en la demanda y en el entorno, ajustando volumen, variedad u otras variables sin sacrificar calidad, tiempos o costes (Yusuf, 2002). Esta agilidad se apoya, cada vez más, en la adopción de tecnologías emergentes que ofrecen flexibilidad y capacidad de respuesta. No obstante, la implementación tecnológica no debe ser indiscriminada. Su éxito depende del análisis contextual y de las capacidades internas de cada empresa. Para que una CS ágil sea efectiva, debe estar alineada con los objetivos estratégicos y las particularidades operativas de la organización.

La evidencia empírica refuerza esta postura: las empresas que operan en entornos altamente dinámicos tienden a usar intensivamente estas tecnologías, obteniendo mejores resultados (Leite & Braz, 2016). En estos entornos —definidos por su ritmo de cambio acelerado e impredecible— la agilidad tecnológica no es solo una ventaja competitiva, sino una condición para la supervivencia (Kerik & Tornés, 2001). Desde la óptica de la innovación, la Industria 4.0 representa un hito. Tecnologías como IoT, Digitalización, Automatización, Machine Learning y Big data no solo optimizan procesos, sino que permiten decisiones ágiles en contextos complejos (Valilai & Sodachi, 2020). Así, las CS se vuelven más resilientes, flexibles y eficaces ante riesgos y disrupciones (Martin et al., 2020).

En este trabajo analizamos la aplicabilidad de las tecnologías emergentes en CS ágiles, particularmente en empresas inmersas en entornos dinámicos y competitivos. Sostenemos que la capacidad adaptativa, potenciada por la tecnología, es clave para enfrentar imprevistos y mantenerse relevante. Aunque abundan estudios sobre esta relación, aún existen vacíos importantes sobre el impacto real de dichas tecnologías y su contribución concreta a la agilidad en las CS.

1.2 Objetivos.

El objetivo principal que buscamos con la elaboración de este trabajo es explorar el impacto de las nuevas tecnologías en cadenas de suministros ágiles aplicables a entornos dinámicos.

Como objetivos específicos podemos mencionar:

- Analizar el proceso de adopción de las nuevas tecnologías en la CS teniendo en cuenta los mercados dinámicos actuales, de esta forma conoceremos el estudio previo y el proceso de implantación que siguen las compañías, así como los retos y beneficios de la operación de modernización.
- Determinar que tecnologías son más relevantes y pueden contribuir en el campo de estudio de este trabajo, con el fin de profundizar en cada una, explorando sus características y aplicabilidad.
- Evaluar casos reales del uso de estas herramientas en la optimización de las CS, para aportar veracidad y evidencias a esta investigación.

2. METODOLOGÍA.

Para desarrollar el presente trabajo y alcanzar los objetivos anteriormente descritos, hemos decidido utilizar como metodología base “*La revisión sistemática de la literatura*” (*RSL*). Esta metodología implica el uso de un amplio abanico de estudios previamente realizados, cuyo contenido ha sido sistemáticamente identificado, evaluado y resumido en documentos escritos bajo unos parámetros predeterminados (Tranfield, Denyer, & Smart, 2003) (Rousseau, 2008) (Dutta, 2020). Gracias a su aplicación, podremos obtener una visión clara de estudios actuales que han realizado otros autores sobre las CS, análisis de mercados dinámicos, tendencias tecnológicas, entre otros. Además, esta metodología nos permitirá comparar y contrastar la información recabada del estado de la cuestión resolviendo lagunas del conocimiento y necesidades presentes de nuestro campo de investigación. A diferencia de una revisión narrativa, la *RSL* sigue un proceso sistemático y replicable, reduciendo el sesgo en la selección y análisis de fuentes. (Tranfield, Denyer, & Smart, 2003).

El proceso inició con el nacimiento de la necesidad de querer investigar sobre el tema principal del TFG. Para ello necesitábamos una metodología que nos permitiera recopilar información de fuentes secundarias verídicas. Así, por los requisitos y circunstancias temporales que teníamos para desarrollar el TFG, decidimos utilizar la *RSL* como metodología principal. Por tanto, todos los estudios que recopilemos gracias a su uso girarán en torno al *Impacto de las nuevas tecnologías en la cadena de suministro considerando los entornos dinámicos*. Los datos que requerimos nos permitirán adquirir un criterio sobre el campo de estudio y realizar proposiciones en base a teoría que planteemos.

El estudio se llevó a cabo en tres fases estructuradas. Primeramente, se necesitaba definir que fuentes fiables íbamos a utilizar para garantizar una cobertura amplia y representativa. Así pues, se utilizaron bases de datos reconocidas como *Web of Science Collection (WOS)* o *Google Scholar*, empleando mayoritariamente artículos académicos para una mayor adecuación. El tipo de versión que utilizamos en WOS fue la *Main Collection* ya que ofrece una amplia recopilación centrada en revista científicas revisadas por pares con altos estándares de calidad a cumplir, lo que permite tener acceso a investigaciones relevantes y actuales en la disciplina a tratar. Además, el uso de filtros por impacto, año y número de citaciones nos ayudó a reducir la selección de estudios con mayor rigor académico y relevancia en el campo de estudio que tratamos.

Seguidamente, una vez delimitada las fuentes de nuestra información era necesario delimitar el campo de búsqueda. Debido a que los estudios de este campo empezaron a aparecer a partir del año 2010 (*referirse a Fig. 1.*), aplicamos como filtro la fecha de publicación (>2010). También aplicamos otro filtro donde solo aceptamos aquellos artículos en Inglés, que tuviesen las más altas citaciones, relacionados con Organización de Empresas (Business Management). Para ello aplicamos el uso de palabras clave (*referirse a Fig. 2.*) como “*Supply Chain*”, “*New trends technologies*”, “*Iot*”, “*IA*”, “*Digitalization*”, “*Agiles production*”. etc. Gracias a ello pudimos reducir considerablemente el número de resultados, para empezar a descartar aquellos que si nos resultasen de utilidad para nuestra revisión. Considero de vital importancia señalar que gran parte de la literatura utilizada acerca de este tema proviene de autores de lengua anglosajona, es por ello, que a menos que se indique lo contrario, la traducción al castellano es redacción propia.

Finalmente, una vez obtenida la selección final de artículos, se procedió a su lectura crítica y análisis detallado. El objetivo en esta fase fue identificar los principales conceptos tratados en nuestro caso de estudio, la metodología empleada, así como los resultados clave y las posibles limitaciones o vacíos de investigación que pudieran aportar valor al desarrollo del presente trabajo. Para ello, se elaboró una tabla de extracción de datos (*ver Tabla 1.*) en la que se recopilaron aspectos como el nombre del autor, año de publicación, objetivo del estudio, tipo de metodología, principales hallazgos y su relación directa con nuestro tema de investigación. Gracias a esta organización, fue posible clasificar los estudios en función de temas comunes, detectar tendencias en la literatura y contrastar diferentes enfoques utilizados por los autores. Esta fase nos permitió, por tanto, no solo recopilar información relevante, sino también interpretarla y evaluarla de forma crítica, generando así una base sólida para el desarrollo de nuestro marco teórico y la posterior elaboración de conclusiones.

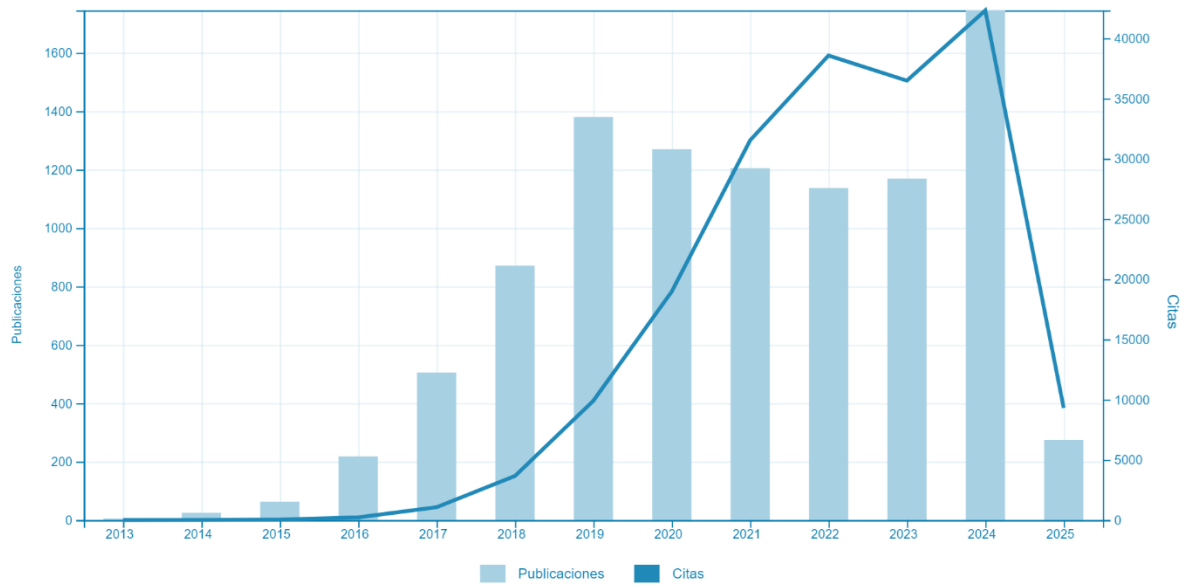


Figura 1. Evolución citas y publicaciones de I4.0

Fuente: (Web Of Science, 2025)



Figura 2. Campos de publicaciones relacionadas con I4.0 en Supply Chain

Fuente: (Web Of Science, 2025)



Figura 3. Keywords Cloud utilizada

Fuente: Elaboración Propia

Autor	Año	Título del Estudio	Objetivo Estudio	Metodología	Principales Hallazgos	Relación con el TFG
Tranfield, Denyer & Smart	2003	Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management	Proponer una metodología rigurosa para revisiones sistemáticas	Revisión metodológica	Introducen el proceso estructurado de RSL	Base metodológica para estructurar esta investigación
Rousseau	2008	Systematic Reviews in Management Research	Apoyar el uso de revisiones sistemáticas como método fiable en ciencias sociales	Revisión teórica	Refuerza la validez de la RSL en entornos organizativos	Apoya el marco metodológico elegido

Kraus, Dutta	2020	Systematic Review in Entrepreneurship	Análisis reciente del uso de RSL en el contexto empresarial	Revisión sistemática aplicada	Actualiza las metodologías con un enfoque práctico	Valida la elección metodológica actualizada del trabajo
Brettel et al.	2014	The Impact of Industry 4.0 on Supply Chains	Analizar el impacto de I4.0 en las cadenas de suministro	Revisión estudio de caso	Identifican automatización y descentralización como beneficios clave	Base teórica sobre beneficios tecnológicos en la CS
Valilai & Sodachi	2020	Inspiration of Industry 4.0 to Enable a Proactive Sustainability Assessment Model	Demostrar cómo I4.0 permite decisiones sostenibles proactivas en entornos cambiantes	Estudio académico con enfoque en sostenibilidad	I4.0 mejora la agilidad y la resiliencia	Relaciona digitalización y empleo de nuevas TIC con adaptación y sostenibilidad

Tabla 1. Recopilación fuentes utilizadas

Fuente: Elaboración Propia

De forma detallada, la exploración y el paso a paso del uso de la metodología de revisión sistemática de literatura siguió la siguiente estructura:

1. Uso de las bases de datos *Web of Science* y *Google Scholar* como bases de fuentes de datos fiables para la bibliografía.
2. En base a los resultados dentro de ambas bases de datos, el concepto de Industria 4.0 que será de vital importancia en nuestra investigación, nace a partir del año 2010 y

aumentó relevancia en 2016, por lo que se define un intervalo de tiempo entre enero 2010 hasta enero 2025.

3. Definición de palabras claves para delimitar la búsqueda de la base de datos. También se utilizaron otros filtros como número de citas, artículos de revista y en el ámbito de organización de empresas.
4. Finalmente, se realizó una revisión cualitativa del resultado arrojado, donde seleccionamos aquellos artículos relevantes a partir de una revisión detallada de su contenido.

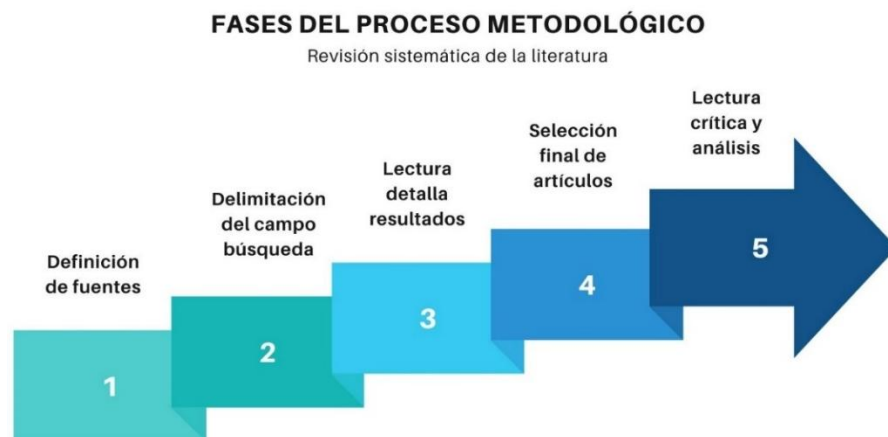


Figura 4. Fases proceso metodológico empleado.

Fuente: Elaboración propia

3. MARCO TEÓRICO.

3.1 Industria 4.0.

La Industria 4.0 (*I4.0*) representa la cuarta revolución industrial, un concepto que nació en la Feria de Hannover 2013 a través de “La plataforma 4.0 Industry”, iniciativa alemana que buscaba transformar las plantas de producción en “inteligentes” (*Smart Factories*) donde se creasen sinergias entre máquinas, sistemas y personas. Sin embargo, no llega a expandirse hasta 2018 donde varios países europeos como Alemania, Francia e Italia empezaron con la difusión de este nuevo concepto en sectores clave como la automoción, manufactura y logística. (F. Zezulka & J. Jirsa, 2022)

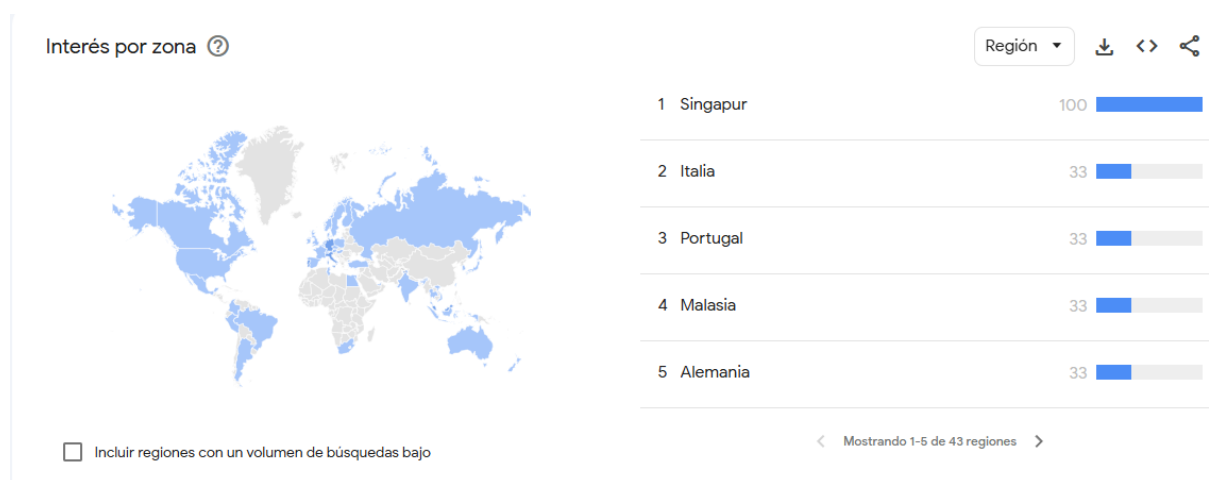


Figura 5. Búsquedas I4.0 por región desde 2012

Fuente: (Google Trends, 2025)

I4.0 se basa en la combinación e implementación de las tecnologías de información y comunicación en los procesos empresariales. La integración de sistemas interconectados permite la optimización de procesos productivos, la ventaja de plantas de producción inteligentes capaces de realizar decisiones autónomas y la recopilación junto al análisis de gran cantidad de datos de forma independiente y muy alejada de las capacidades humanas comunes. Se caracteriza por innovaciones tecnológicas como las comunicaciones Máquina a Máquina, Internet de las Cosas, los sistemas ciberfísicos, la inteligencia artificial y el Big Data Análisis (BDA), entre otros (referirse Fig.6.) (Brettel et al, 2014)



Figura 6. Comisión de Industria 4.0

Fuente: (Ametic, 2020)

Los principios de la I4.0 incluyen la interoperabilidad, la descentralización, la virtualización, las capacidades en tiempo real y orientación al servicio. (Schlick, 2014)

3.1.1 Tecnologías emergentes en la I4.0.

Como hemos mencionado anteriormente, la Industria 4.0 ha impulsado un conjunto de tecnologías emergentes que están transformando las CS convencionales. Desde el uso de sensores interconectados hasta simulaciones digitales en tiempo real, estas tecnologías traen consigo alternativas a la gestión de inventarios, toma de decisiones y análisis de trazabilidad dentro de las empresas que permiten hacer frente a las casuísticas actuales del entorno.

En orden de entender con claridad el impacto real que significa esta ola de novedades tecnológicas para las CS y sus implicaciones prácticas, trataremos brevemente las tecnologías con mayor importancia e impacto en nuestro campo de estudio. Estas tecnologías son:

Internet de las Cosas (IoT): son sensores y dispositivos que se encuentran en una red de objetos interconectados específica, los cuales permiten la capacidad de compartir información por

medio de plataformas online como la nube, fomentando la optimización de procesos industriales, el monitoreo y comunicación constante a nivel empresarial. (Gubbi , Buyya, & Marusic, 2013). En nuestro caso podría aplicarse a conexiones dentro del almacén para la localización de productos en la paquetería, monitoreo de las máquinas de producción o empaquetado en tiempo real o bien alertas de recepción de nuevos pedidos, entre otros.

Big Data Análisis: se trata del procesamiento de gran cantidad de información estructurada o no del entorno interno o externo de la empresa que le permite detectar patrones, anticiparse a problemas y optimizar los procesos de negocio, obteniendo como beneficio el ahorro de un consumo excesivo de tiempo, recursos humanos, informáticos, etc... (Jimenez, 2014). Aplicado a la cadena de suministro, puede utilizarse para evaluar el rendimiento individual de cada responsable logístico en los almacenes, realizar el inventario en tiempo real, así como tomar decisiones anticipadas a los cambios dinámicos del mercado, evaluar la satisfacción del cliente en las entregas finales, entre otros.

Inteligencia digital generativa (Generative Adversarial Networks y Machine Learning): es un tipo de IA que analiza mayores cantidades de datos que las IA convencionales, aprendiendo de sus propias investigaciones lo que permite refinar y agudizar en su análisis. Gracias a su capacidad de aprendizaje de patrones, permite crear nuevo contenido de texto, imágenes u otro tipo de archivo (KPMG, 2024). Ejemplos específicos sería la simulación de escenarios reales con los datos a su disposición para realizar ajustes anticipados, optimización de rutas de entrega, el análisis de las ventas pasadas y el estudio de factores externos para ajustar el stock en tiendas y adaptarse a la demanda.

Blockchain: es una tecnología que permite registrar información de manera segura, descentralizada y que posteriormente no se podrá modificar. Gracias a ella se favorece la transparencia y seguridad de las transacciones y procesos empresariales. (Tapscott & Tapscott, 2016) En la cadena de suministros, permite rastrear productos desde su origen hasta el consumidor final, comúnmente conocido como seguimiento del pedido, asegurando la veracidad y reduciendo fraudes o posibles estafas.

Robótica Avanzada: como bien lo indica su nombre, se trata del trabajo conjunto entre robots y personas en entornos de producción dinámicos y adaptables. Con su apoyo se puede mejorar la percepción, toma de decisiones, optimización de procesos físicos y autonomía. Casos reales podrían ser los robots que utiliza Amazon en sus almacenes para ayudar en las tareas logísticas

a los operarios o bien robots encargados del ordeño de las vacas en granjas, siendo capaces de monitorear el estado de salud del ganado y anticiparse o evitar problemas. (Joseth Serrano, Lorenza, & Larrea, 2025)

Gemelos Digitales (*Digital Twins*): se tratan de copias digitales de activos físicos, procesos o plantas de producción donde se simulan la dinámica de posibles escenarios para mejorar la toma de decisiones. (Hu, Zhang, & Deng, 2020). Un ejemplo concreto serían casos como la programación de brazos robóticos en líneas de ensamblajes, pero en un entorno simulado previamente a su implementación en la vida real. Gracias a su uso, se pueden realizar periodos de pruebas de calidad dentro de las empresas antes de la puesta en marcha de las nuevas tecnologías.

Para comprender el nivel de presencia actual de estas nuevas herramientas tecnológicas en el mercado español, *referirse a la Fig. 7.*

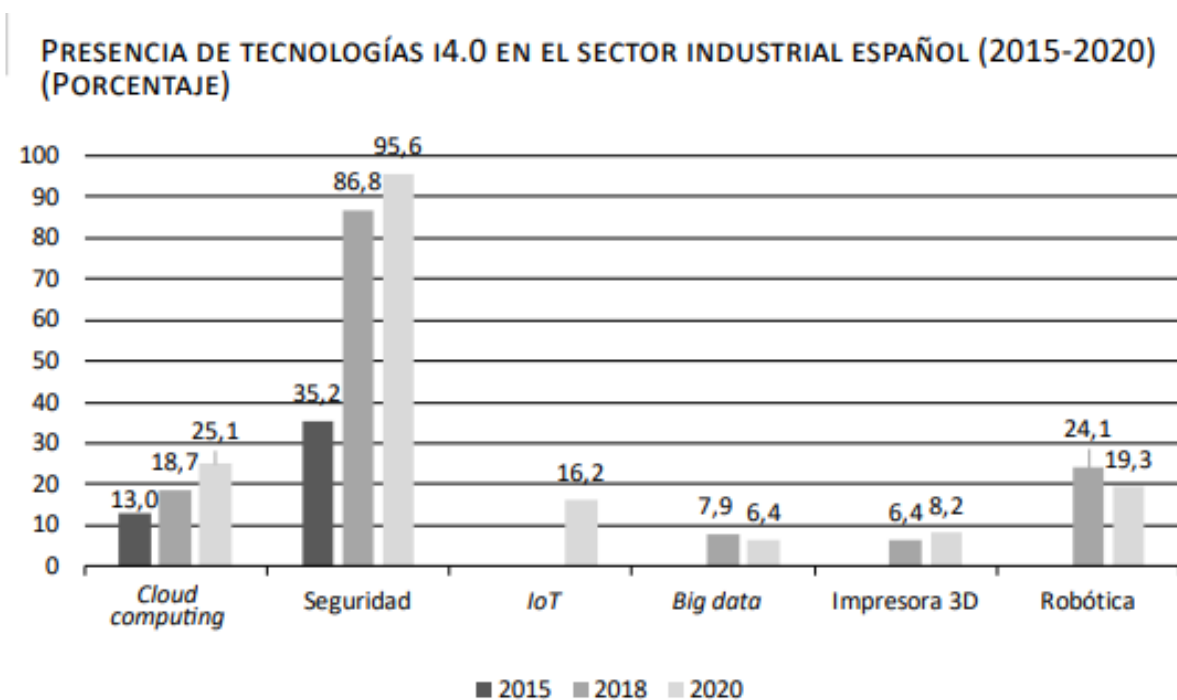


Figura 5. Presencia de tecnologías emergentes en España.

Fuente: Datos de encuestas del INE sobre el uso de TIC en empresas. (Negro Macho & Tovar Martínez, 2021).

3.1.2 Beneficios y desafíos de la I4.0.

Beneficios de la implementación de tecnologías emergentes.

El uso de tecnologías de la I4.0 en la CS trae como beneficio (1) la optimización de recursos y disminución de costos mediante automatización, análisis de datos e inteligencia artificial, ajustando la producción a la demanda real y así minimizar desperdicios. La interoperabilidad, a través de sistemas conectados y mantenimiento predictivo en las plantas de producción, (2) permiten el monitoreo en tiempo real, permitiendo la anticipación a posibles fallos y prolongando la vida útil de la maquinaria, consecuentemente reduciendo residuos industriales. La descentralización, con IoT y blockchain, (3) mejora la gestión de inventarios y optimiza el uso de recursos locales. La virtualización, mediante gemelos digitales, simula procesos para prever fallos y mejorar la eficiencia operativa. Además, estas tecnologías digitalizan toda la CS (*upstream, midstream y downstream*) —desde fases de explotación hasta fases de distribución y ventas— (4) aumentando su resiliencia y visibilidad mediante sensores, análisis de datos en la nube y plataformas integradas. Todas estas transformaciones permiten obtener una cadena de suministro más eficiente, sostenible y preparada para afrontar incertidumbres.

Desafíos de la implementación de tecnologías emergentes.

Si bien la implementación de estas nuevas tecnologías ofrece una amplia gama de beneficios que pueden transformar significativamente diversos sectores, también conlleva una serie de desafíos que persisten a lo largo del tiempo y que suponen un vacío importante a considerar para aquellas empresas que quieran implementar estas transformaciones.

Entre estos desafíos se encuentran los (1) altos costes iniciales de adquisición y adaptación, lo que representa una barrera de entrada considerable para muchas empresas, especialmente para las de menor tamaño. Además, es fundamental asegurar una (2) capacitación adecuada de la fuerza laboral, que implica una inversión en tiempo y recursos, además de retención laboral para garantizar que los empleados estén preparados para operar con las nuevas herramientas y sistemas y la empresa mantenga esta fuerza laboral capacitada a su disposición. A esto se suma la (3) resistencia al cambio que suelen mostrar las empresas más tradicionales o empleados con mayor experiencia, que temen perder el control sobre sus procesos preestablecidos o enfrentar incertidumbre frente aquellos ambientes desconocidos. Sin embargo, uno de los problemas más críticos y de mayor alcance es el (4) incremento exponencial de los riesgos en materia de

ciberseguridad. A medida que las empresas adoptan tecnologías más complejas y conectadas, la exposición a ciberataques y brechas de seguridad se multiplica, lo que obliga a las organizaciones a reforzar constantemente sus medidas de protección para salvaguardar la información sensible. ¿De qué manera estos desafíos pueden influir en sus objetivos estratégicos y en la satisfacción de sus futuras necesidades?

Este conjunto de retos puede frenar o entorpecer la capacidad de las empresas para adaptarse a demandas dinámicas, —que trataremos en detalle más adelante — evitar las mejoras de la eficiencia operativa gracias a las CS ágiles y disminuye la posibilidad de obtener ventajas competitivas que mejoren su posicionamiento en el mercado. Para superarlos será necesario un análisis específico del entorno interno y externo de cada compañía, junto a una planificación estratégica equilibrada que combine inversión con capacidad y alineación con los objetivos a largo plazo.

3.1.3 Panorama actual de la implementación I4.0 en empresas.

Este panorama de cambios realza una necesidad urgente de que las organizaciones apuesten en tecnologías, sin menospreciar las inversiones que deben realizar en estrategias de gestión de cambio, formación continua y fortalecimiento de la ciberseguridad empresarial. El éxito para muchas dependerá de cómo adoptan estas innovaciones de manera responsable y balanceada. Sin una previa planificación, estos desafíos podrían opacar los beneficios potenciales anteriormente descritos, superados por costes adicionales y problemas derivados de una implementación deficiente y poco premeditada.

Desde la otra cara de la moneda, la realidad más allá de los libros es que también existen posturas críticas y reacias a los cambios de la *Era I4.0* en la CS. Encuestas obtenidas de fuentes secundarias externas realizadas a directivos y responsables de operaciones de grandes empresas han demostrado que la implementación de estas nuevas tecnologías en la CS pasa a un segundo plano y existen prioridades más relevantes en el entorno empresarial. Las grandes empresas enfocan sus esfuerzos en la lucha diaria y en gestionar aspectos básicos de las cadenas de suministros (eficiencia, control de costes y gastos, cambios externos en el entorno, etc..) *referirse Fig.8.*

Las prioridades básicas superan con gran diferencia a otras que podrían ayudar a crear valor

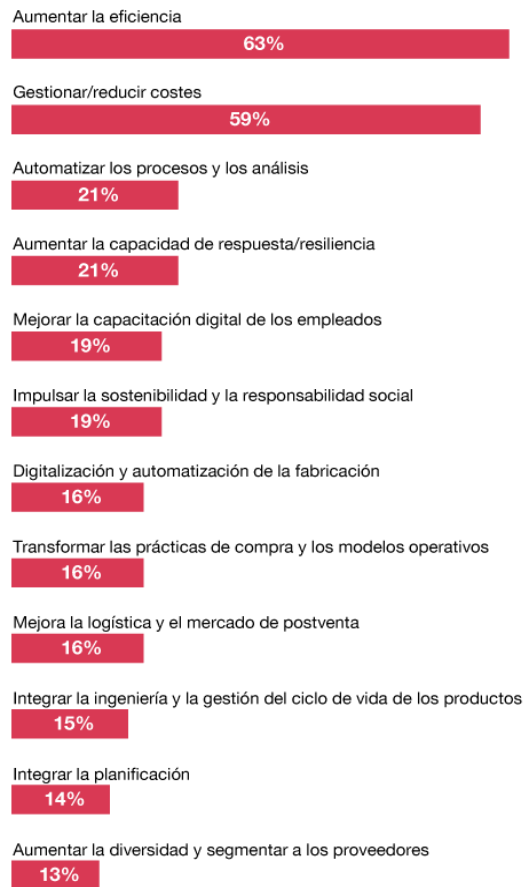


Figura 6. Prioridades y riesgos.

Fuente: (Díaz & Figueras, 2025)

Por otra parte, un 80% de los encuestados explican que las inversiones tecnológicas no han tenido los resultados esperados por diversas razones que se detallan a continuación. *Fig. 9.* (Díaz & Figueras, 2025).

¿Por qué se quedan cortas las inversiones tecnológicas en las cadenas de suministro? A continuación, las razones:



Figura 7. Inversión en tecnología.

Fuente: (Díaz & Figueras, 2025).

Por tanto, la postura crítica y reacia al cambio se debe principalmente a que las empresas priorizan la estabilidad operativa sobre la innovación tecnológica. En cierto modo, es entendible este enfoque ya que las empresas tienen en su lista otras prioridades diarias que deben gestionar. Sin embargo, limitar el espectro de actuación puede disminuir el potencial de crecimiento, visión y competitividad a largo plazo. Esto puede acarrear que la posición competitiva se encuentre en desventaja con respecto a la de su competencia. Por otra parte, deben comprender que en muchos de los casos la falta de resultados no se debe a que la tecnología sea inservible, también se debe evaluar si se ha realizado una implementación de forma precipitada, sin tener en cuenta todas las variables o bien de forma incompleta. La situación refleja una falta de alineación entre la perspectiva de los directivos, que en muchos casos buscan resultados medibles y a corto plazo y la realidad de las corporaciones que, a su vez, dependen cada día más de la implementación de las nuevas tecnologías para mejorar la eficacia y la innovación. El desafío no solo se trata de implementar estas herramientas digitales, sino poder crear una cultura organizacional que apoye esta etapa de cambios, competente a la hora de gestionar momentos de incertidumbre y sea capaz de fortalecer la cadena de suministro para los desafíos que conlleva.

Dicho esto, ¿cuál es la situación actual de las grandes empresas en el proceso de adopción de las tecnologías de la Industria 4.0?

Digitization index

Accenture and Oxford Economics' Digital Opportunity Index measures the present and future digitalization status in 14 of the world's economies.



Source: Accenture/Oxford Economics

Figura 8. Comparativa grado digitalización en España frente a otras potencias.

Fuente: (Accenture / Oxford Economics)

En el caso del mercado español, como podemos observar nos encontramos en onceavo lugar en cuando a la adopción de digitalización. No obstante, existen programas como “Industria Conectada 4.0” que buscan incrementar el valor añadido industrial, favoreciendo un modelo destacado por el desarrollo de soluciones digitales, implementación de herramientas tecnológicas y así, poder crear ventajas competitivas en las empresas locales que posicionen al mercado español en una posición favorable y diferenciada. (Ministerio de Industria y Turismo, 2025).

Algo que no se ha mencionado es que el proceso de adopción no ha sido uniforme en todas las industrias. Los sectores que más han avanzado en este proceso son los de automoción y manufactura aquellos con una producción en gran escala y estandarizado, mientras que otros, como la agricultura ha sido mucho más lenta. Esto se debe principalmente por la (1) falta de inversión en I+D en Europa —comparado con otros líderes como China— haciendo que se recorten presupuestos y se destinen a los sectores claves anteriormente mencionados y que sean

más factible a la hora de implementaciones en escala. Otra posible causa es la (2) falta de mano de obra cualificada o talento en ciertos sectores afectan y ralentizan este proceso de cambio. Por último. (3) sectores agrícolas o ganaderos en muchos casos necesitan mano de obra “real” y una alta implicación humana con el producto, por lo que el uso de las TIC en este sector tiende a ser más difícil de adoptar. Un ejemplo de ello es la recolección de uvas en los viñedos, la cual debe ser muy minuciosa para obtener un producto de calidad y es por ello, que es necesaria en mayor medida, la mano de obra humana evitando las automatizaciones en el proceso de recolección. (Negro Macho & Tovar Martínez, 2021).

3.2 Entornos Dinámicos.

Comprender el alcance de los entornos dinámicos es clave para demostrar el uso beneficioso de tecnologías emergentes en la CS. En este tipo de entornos, caracterizados por alta volatilidad, múltiples actores en constante interacción, y una baja capacidad de predicción, los métodos tradicionales de planificación pierden eficacia. A diferencia de los entornos estáticos, donde la estabilidad permite operar con procesos lineales y estructuras rígidas, los entornos dinámicos exigen flexibilidad, velocidad de respuesta y capacidad de anticipación. Es precisamente aquí donde las tecnologías emergentes tienen mayor valor estratégico: permiten a las empresas adaptarse en tiempo real, gestionar grandes volúmenes de datos para detectar patrones y tomar decisiones automatizadas o asistidas que reducen el margen de error. Por tanto, su aplicabilidad no es indiferente al tipo de entorno; es en los contextos más inciertos donde la implementación tecnológica resulta no solo útil, sino necesaria para mantener la competitividad y asegurar la continuidad operativa de las empresas.

Ahora bien, entremos en profundidad sobre que significa realmente este concepto de entornos Dinámicos. Entendemos por entorno organizacional a todos aquellos agentes externos fuera de los límites del sistema empresarial, como factores económicos, tecnológicos, políticos o sociales. Estos factores pueden hacer que el entorno sea más o menos predecible, complejo o volátil y se clasifican en 4 dimensiones principales:

Entornos simples o complejos.

- Simples: se caracterizan por pocos elementos y relaciones directas, lo que facilita la toma de decisiones empresariales.

- Complejos: están conformados por variedad de elementos interconectados directa o indirectamente, lo que complica la gestión organizacional.

Entornos estáticos o dinámicos.

- Estáticos: son aquellos cuyas operaciones no varían de manera importante o bien cambian de manera predecible.
- Dinámicos: son aquellos en donde se experimentan cambios rápidos y constantes debido a las fluctuaciones en su ambiente.

(J.C, 1999)

En los entornos dinámicos, la incertidumbre es alta por lo que no es posible realizar una previsión exacta del futuro. Por ello, las empresas deben identificar las áreas claves que se encargarán de mejorar la posición competitiva de la empresa y obtener como resultados ventajas incrementales. (J.C, 1999) .

Uno de los principales retos para las empresas que operan en entornos dinámicos es, precisamente, su capacidad de adaptación. Algunas organizaciones, en lugar de ajustarse a estos cambios de ritmo en el ambiente, optan por intentar “estabilizar” estos entornos a través de lo que se conoce como “*environment manipulation*”. Esta estrategia busca reducir el nivel de incertidumbre y conservar una visión operativa más controlada del mercado. En la práctica, esto puede reflejarse en acciones como ampliar al máximo la vida útil de los sistemas existentes que tienen las empresas, evitar cambios en los procesos establecidos o incluso intentar mantener el valor de un producto creando una necesidad, es decir, manipulando el mercado en lugar de adaptarse a sus variaciones. (Collyer & MJ Warren, 2008)

Sin embargo, este enfoque también conlleva riesgos importantes. Entre los principales problemas se encuentra la pérdida de competitividad frente a aquellas empresas que sí apuestan por tecnologías más eficientes y actualizadas. Esto puede traducirse en una desconexión con las mejores prácticas del sector, dificultando la atracción y retención de talento humano. Además, implica una limitación tecnológica ante la rápida obsolescencia de materiales o productos, cuyas nuevas versiones no siempre son compatibles con los sistemas tradicionales que se intenta conservar en las empresas. En estos casos, incluso pequeños cambios externos pueden generar impactos significativos sobre procesos dependientes, obligando a realizar ajustes costosos o forzados que pudieron haber sido evitados en un primer momento con la implementación de cambios adecuada. (Collyer & MJ Warren, 2008)

De ahí la importancia de contar con estrategias y estructuras internas capaces de responder de forma ágil a las evoluciones del mercado. Esto no solo permite mantener la posición en entornos cambiantes, sino también aprovechar las oportunidades que ofrecen las ventajas competitivas frente a empresas que se quedan rezagadas y que optan por caminos mucho más tradicionales.

Contrariamente a la estrategia de intentar estabilizar el entorno, algunas organizaciones adoptan un enfoque opuesto y es el que defendemos con la idea de este trabajo: aceptar la incertidumbre como parte del entorno operativo y aportar por la experimentación controlada para adaptarse. Gracias a esta perspectiva, se permite detectar oportunidades, reducir riesgos de escalar proyectos de cambios y optimizar recursos ya existentes a partir de datos reales obtenidos del entorno. Si lo analizamos con perspectiva, se sustenta en una lógica similar a la de la evolución humana, experimentar, aprender, descartar lo que no funciona y fortalecer lo que sí. Es comprender que todos los cambios pueden no llegarse a completarse con éxito, pero te dan información valiosa para que finalmente funcionen. Este mismo principio puede aplicarse al proceso de implementación de tecnologías emergentes en la CS, como el IoT, Big Data, Digital Twins, etc... Introducir estas herramientas mediante pruebas paulatinas o entornos simulados permite a las empresas minimizar los riesgos iniciales, detectar fallos potenciales y evaluar su impacto real sobre la eficiencia operativa. A su vez, esta estrategia fomenta una cultura de innovación estructurada, donde el fracaso no se penaliza, sino que se considera parte del proceso de mejora continua. (Collyer & MJ Warren, 2008)

Al integrar progresivamente estas tecnologías a través de ciclos de prueba y aprendizaje, las organizaciones logran desarrollar cadenas de suministro más ágiles, resilientes y orientadas al futuro. La capacidad de ajustar procesos en tiempo real, anticiparse a cambios en la demanda o responder con flexibilidad ante interrupciones externas se convierte en una ventaja competitiva clave en entornos volátiles. (Collyer & MJ Warren, 2008)

En conclusión, la combinación entre una experimentación estratégica y adopción tecnológica gradual representa una vía robusta para afrontar la complejidad de los entornos dinámicos. Este acercamiento no solo permite reducir la exposición al riesgo, sino que facilita la construcción de cadenas de suministro más preparadas, adaptativas y eficientes ante los desafíos del presente y del futuro.

3.3 Cadenas de suministro.

Definición, características, importancia, situación actual y evolución.

A principios de este documento mencionamos la importancia de Cadenas de Suministro ágiles o resilientes, pero veamos con más detalle este concepto. A continuación, explicaremos el concepto en las siguientes partes:

Cadenas de Suministro (CS) / Supply Chain: conjunto de procesos que están relacionados indirecta o directamente en saciar las necesidades de abastecimiento de un bien o servicio. Está compuesta por diferentes niveles que son los proveedores, almacenes, líneas de producción, canales, agentes intermediarios y el cliente final. Observar Fig. X

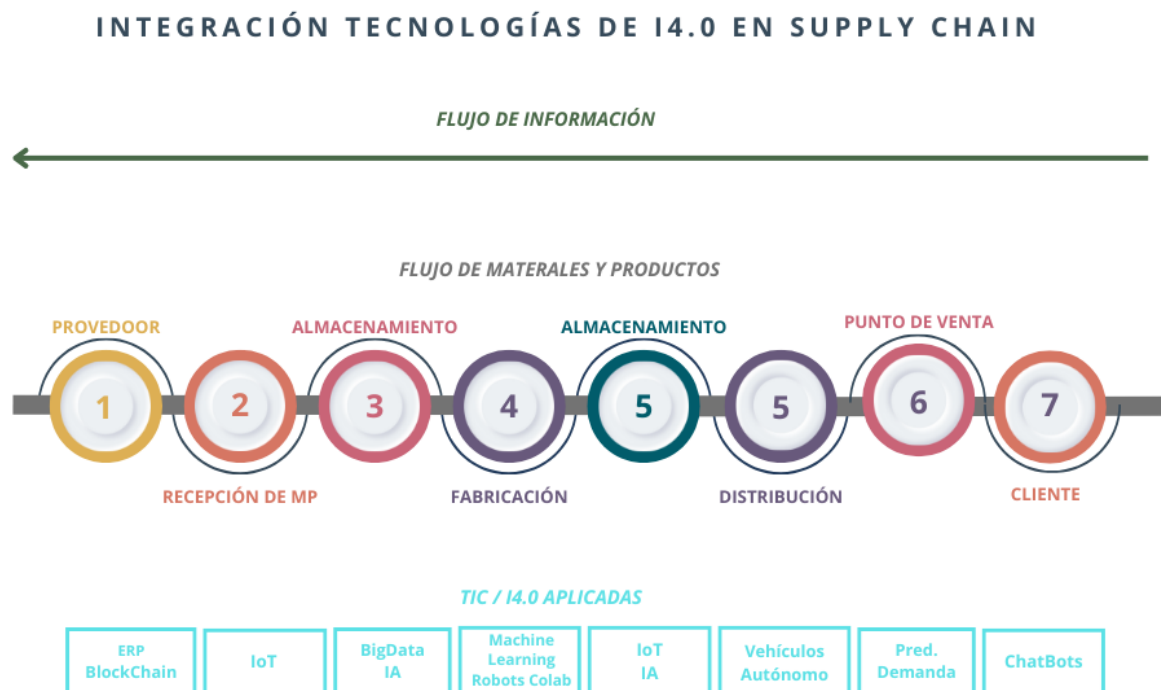


Figura 9. Supply Chain aplicada con tecnologías de I4.0.

Fuente: Elaboración propia basada en Figura 1.1 de “La cadena de Suministro” (Sabriá, 2016)

Resiliencia: Capacidad de un material, mecanismo o sistema para recuperar su estado inicial cuando ha cesado la perturbación a la que había estado sometido. (Real Academia de Lengua Española, 2024). Aplicado a nuestro caso, múltiples autores han aplicado este atributo no solo a sobrevivir a las perturbaciones sino también en la adaptación y crecimiento, creando así un estado futuro mejor que el anterior. (Gabler et al, 2017) (Scholten and Schilder, 2015).

En primera instancia las empresas en los años setenta consideraban a la logística una función aislada de la estrategia empresarial. A partir de los años noventa, se empezaron a replantear esta visión considerando a la logística y la cadena de suministros como una variable que puede otorgar importantes ventajas competitivas, gracias al uso de “estrategias *pull*” basadas en anticiparse a las demandas futuras y variables, y así poder reducir los tiempos de entrega. También se empiezan a ver que, en este proceso, no solo existe intercambio de materiales y productos, sino también de información —*como se pudo observar en la Fig. 11*— (Sabriá, 2016). Esta nueva perspectiva crea la necesidad del uso de herramientas que permitan la digitalización e integración de datos en las CS (I4.0), las cuales explicamos en profundidad en el apartado anterior. Este cambio de mentalidad en las empresas es una prueba que demuestra la evolución constante de la logística y las cadenas de suministros, convirtiéndose en un factor estratégico clave para la competitividad empresarial en entornos dinámicos.

Desde otra perspectiva, la importancia de adoptar un enfoque más proactivo y tecnológico en la gestión de la CS se respalda en diversos estudios. Se ha demostrado que las cadenas de suministro resilientes no pueden depender únicamente de planes premeditados de desastres, sino que deben desarrollar “indicadores adelantados” que permitan identificar vulnerabilidades emergentes, tanto internas como externas. Entre estas vulnerabilidades se incluyen factores externos como inestabilidad política, mayores exigencias técnicas en los productos, dependencia de materias primas críticas y una limitada capacidad de reacción ante cambios imprevistos. Para enfrentar estos desafíos, la tecnología de la información se convierte en una herramienta clave, ya que permite un monitoreo en tiempo real tanto del entorno interno como externo. Es por ello que, los *Supply Chain Managers* deben ir más allá de la gestión tradicional basada en la observación directa de almacenes o plantas de producción y adaptarse a nuevas soluciones digitales. Tecnologías como *Big Data* ofrecen un análisis avanzado de grandes volúmenes de datos, facilitando la toma de decisiones estratégicas y mejorando la eficiencia operativa en un mercado en constante evolución. (.Pettit, L. Croxton, & Fiksel, 2019).

3.3.1 Cadenas de suministros y su aplicabilidad en Entornos Dinámicos.

Hemos mencionado anteriormente la capacidad adaptativa que deben tener las CS. Las empresas deben hacer frente al temido “efecto látigo” que se trata del aumento de la variabilidad en los pedidos incluso cuando la demanda del mercado es estable. (Salvadore, Ciancimino, & Framinan, 2010). Se menciona que para combatir este efecto látigo será necesario contar con uno de los arquetipos básicos de las CS. Estos son:

Arquetipo CS	Descripción	Flujo de información	Beneficios	Inconvenientes	Factores Clave
Tradicional	Cada miembro toma decisiones independientemente, sin considerar a los demás.	Solo se comparte de los pedidos del cliente directo de cada miembro.	Fácil de gestionar a nivel individual.	Alta probabilidades de efecto látigo, ineficiencia global, altos costos de inventario.	Falta visibilidad de la demanda real. Importantes retrasos en la producción y entrega.
Información Compartida	Operaciones independientes entre miembros, pero tienen acceso a la demanda del mercado.	Se comparte información sobre la demanda del consumidor final.	Reducción de la variabilidad en pedidos y costos de Almacenamiento.	Falta de integración, aún existe probabilidad de efecto látigo.	Acceso a las ventas de toda la cadena de suministros. Desaparición de los retrasos por mayor nivel de comunicación.
Pedido Gestionado	El proveedor toma las decisiones para	Se comparte información sobre el	Mejora en economías de escala y	No se optimizan las ordenes de	Centralización de los pedidos.

por el proveedor	reabastecer a los minoristas.	nivel de inventario de los minoristas.	reducción de costos de transacción.	producción con la demanda real, aun presenta efecto látigo.	Acceso del proveedor a los niveles de inventarios minoristas.
Sincronizada	Todos los miembros trabajan de manera coordinada, gestionando todos los inventarios como uno solo.	Se comparten datos de ventas, inventarios y productos en tránsito en tiempo real.	Reducción el efecto látigo, menor inversión en los inventarios individuales y costos de almacenamientos, mayor estabilidad.	Altos costos en tecnología (TIC). Requiere fuertes compromisos y un plan de gestión de cambios completo.	Inventarios gestionados como un todo. Regulación conjunta de pedidos.

Tabla 2. Comparativa de los 4 arquetipos de la Cadena de Suministro.

Fuente: elaboración propia. Basada en informe de (Salvadore, Ciancimino, & Framinan, 2010).

Sin embargo, si la solución ante el problema del efecto látigo es la adopción de una cadena sincronizada ¿Por qué las empresas simplemente no adoptan este sistema en sus cadenas?

Existen diferentes razones para no adoptar este sistema de cadena sincronizada en masa:

1. Dispersión Geográfica: los beneficios están directamente vinculados a los tiempos de transporte, mientras más largo sea el tiempo de transporte menores beneficios se obtendrán. Esto se debe ya que hay una mayor dificultad en la sincronización en tiempo real, además, a mayor distancia los costes se incrementan y es más difícil ajustarse a los cambios de la demanda.
2. Tipo de demanda: las demandas estacionales no son aptas para las cadenas sincronizadas, ya que su característica principal es mantener inventarios al mínimo y reabastecer solo en tiempo real. Las demandas estacionales necesitan grandes stocks de

seguridad, los ajustes sin anticipación no son posibles y existen altos riesgos de que sin una previsión exacta se podría quedar sin productos en altas temporadas o sobre-stock después del pico.

3. Características del producto: en productos con baja rotación (muebles, maquinaria industrial, coches, etc..) las economías de escala (que afectan a la producción, almacenaje y envíos) es clave ya que permite reducir estos 3 tipos de costes al ser productos de baja rotación y no perecederos. En el caso contrario, productos de alta rotación y perecederos (alimentos, flores, etc..) la sincronización de la cadena es clave para reducir desperdicios y costes de obsolescencia.
4. Grandes inversiones en tecnologías y cambios organizativos: es uno de los principales obstáculos por la gran carga presupuestaria que supone, falta de talento y de tecnologías adecuadas. Por otra parte, debido a las altas tasas de rotación que enfrentan las empresas hoy en día, es un trabajo arduo retener al capital humano con las capacidades digitales necesarias para el proceso de adaptación.

(Salvadore, Ciancimino, & Framinan, 2010).

¿Cómo podemos solucionar estos problemas? Para mitigar estos desafíos y obtener CS sincronizadas adaptativas capaces de evitar el efecto látigo de la demanda podemos hacer uso de las TIC que explicamos en el apartado de “I4.0”. Algunas soluciones a grandes rasgos para la implementación de cadenas de suministros sincronizadas son:

- Uso de sistemas de monitoreo en tiempo real como (IoT, GPS, BlockChain) para rastrear envíos y ajustar rutas automáticamente. Utilizar servicios de iCloud para conectar a los diferentes miembros en una única red de información en tiempo real. De esta forma podemos hacer frente a los largos tiempos de transporte y las diferencias horarias entre países que dificultan la sincronización.
- Empleo de Big Data y Machine Learning (IA Generativa) para analizar patrones históricos y predecir la demanda con mayor exactitud, análisis de ventas actuales y así detectar cambios antes de que impacten en la producción. De esta forma, podemos hacer frente a los picos generados por las demandas estacionales en ciertos productos.
- Introducción de IoT en almacenes y transportes con sensores de temperatura y humedad en tiempo real para garantizar la integridad y calidad en productos perecederos. Gracias al uso de esta herramienta, se garantiza las entregas rápidas en productos perecederos.

- Plataformas escalables en iCloud no requieren de grandes inversiones iniciales y pueden implementarse progresivamente. Contratación de consultores especializados en las cadenas de suministro para la elaboración de capacitaciones a la plantilla actual.

3.3.2 Proceso de implementación de tecnologías emergentes en las CS de grandes empresas operativas en entornos dinámicos.

Para ilustrar cómo estas herramientas innovadoras se aplican en la práctica, me gustaría compartir un caso real de la implementación de estas tecnologías emergentes en las empresas.

Un ejemplo destacado en una fase clave de la cadena de suministros son los almacenes “Autostore”. Se trata de una tecnología que integra digitalización, IoT e IA generativa para optimizar la gestión logística. *Autostore* utiliza robots autónomos y contenedores inteligentes conectados mediante *Iot* para gestionar pedidos de pequeñas dimensiones, llevándolos de forma rápida y precisa a la estación de trabajo de un operario. Se caracteriza por un diseño compacto que permite el apilamiento directo de contenedores y la organización de la mercancía en función de la demanda real. Esto se consigue mediante la implementación de IA generativa, que analiza los datos —previamente digitalizados— en tiempo real para ubicar los productos más demandados en las posiciones superiores y agruparlos por características comunes en el mismo contenedor, optimizando así el tiempo de procesamiento de pedidos. Por otra parte, la digitalización de procesos permite monitorear el inventario en tiempo real, mejorando la visibilidad de la cadena de suministros y reduciendo la probabilidad de errores humanos. Ver *figura. 12*.

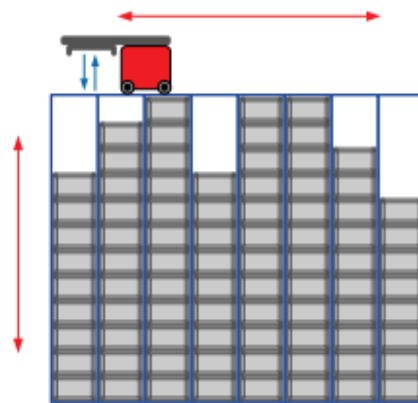


Figura 10. AutoStore Swisslog

Fuente: (Lerher & Bencak, 2022)

Un caso de éxito del uso de *Autostore* es el de *Forus S.A.*, que al implementar esta tecnología de gestión de almacenes logró reducir sus tiempos de procesamiento y aumentar su precisión logística, posicionándose estratégicamente frente a sus otros competidores. (Forus S.A, 2021) Como se puede comprobar, aquellas empresas que adoptan estas tecnologías están mejor preparadas para responder a fluctuaciones en la demanda, reducir costos operativos y ofrecer una experiencia de cliente superior, asegurando su competitividad a largo plazo.

Sin embargo, como hemos mencionado anteriormente, el proceso de adopción presenta diversos desafíos que deben evaluarse en cada caso particular. Un ejemplo de implantación no tan triunfante y que conllevó grandes pérdidas económicas fue *NIKE* con su sistema de ERP en los años 2000. *NIKE* buscaba instalar en su *CS* un sistema predictivo de demanda, donde se invirtieron alrededor de 400.000,00\$, que ayudase con la gestión de compras en materias primas. No obstante, un fallo de software provocó que se compraran más materias primas de las necesarias, creando un excedente, mientras que, en otros escenarios, no tuvo en cuenta materias primas que se necesitaban, creando roturas de stock. En resumen, el software falló en su predicción generando un desbalance y crisis grave en su cadena de suministro. La raíz del problema surgió en que el programa que querían utilizar (*I2*) era un sistema estandarizado, pero *NIKE* quiso adaptarlo a sus necesidades para que tuviese en cuenta variables como estilo, color, tamaño, etc... generando miles de combinaciones posibles. Si bien la personalización según las necesidades era un paso lógico, sin embargo, no se aseguraron de tener el tiempo necesario para probarlo y por tanto la reprogramación del software fue un fracaso. Como conclusión, la falta de planificación y testeo adecuado costó muy caro a la compañía, que al ser una gran corporación pudo recuperarse con el tiempo, pero dejó una valiosa lección para aquellas empresas que estén en procesos de implementación de nuevas tecnologías. (Sanchez, Beresovsky, & De las flores, 2016)

Como ya hemos visto, la implementación de tecnologías emergentes no está exenta de desafíos y uno de los aspectos clave para que este proceso sea realmente exitoso es la capacidad de las empresas para enfrentar y superar los obstáculos que puedan surgir. Si bien ya se han mencionado varias barreras importantes que pueden enfrentar durante todo el proceso, no obstante, conviene hacer una pausa y prestar especial atención a uno de los desafíos más críticos y transversales de la adopción de nuevas tecnologías: la ciberseguridad empresarial.

La seguridad digital es un pilar fundamental para la aplicación viable y sostenibilidad futura de las nuevas tecnologías en las organizaciones. Los ciberataques a sistemas interconectados no

solo afectan a economías, infraestructuras y secretos empresariales, sino que también constituyen una amenaza a los derechos de propiedad intelectual y protección de datos de los trabajadores, quienes pueden verse gravemente vulnerados y perjudicados. Frente a este escenario, es crucial construir un sistema robusto ante esta problemática mediante las siguientes propuestas:

Establecimiento de las bases jurídicas necesarias para los peores escenarios.

Contar con marco legal robusto interno es indispensable para afrontar estas situaciones críticas. Esto incluye establecer normativas claras sobre responsabilidad civil, competencia justa y la participación en comités nacionales/internacionales por parte de la empresa para ejercer presión y solicitar actualizaciones en las normativas vigentes. La legislación laboral y social deberían abordar temas relativos a la responsabilidad ante daños en máquinas, productos, bienes y personas, asegurando que las empresas actúen dentro de un marco regulatorio claro y previamente definido.

Estructuras y planes de emergencias actualizados.

La rapidez de respuesta ante incidentes de seguridad va a depender de la existencia de estructuras organizativas bien definidas y planes de acción previamente estudiados. La implementación de planes de gestión de riesgos, protocolos de respuesta ante incidentes y una red de comunicación eficiente dentro de la empresa son elementos clave para mitigar el impacto de posibles ciberataques. Además, contar con un equipo previamente capacitado mediante simulaciones y ejercicios de prevención fortalecerá la capacidad de reacción. Una plantilla concienciada y equipada con las herramientas necesarias posicionará a la empresa en una situación privilegiada frente a amenazas digitales.

Fuerza Laboral Capacitada.

La educación y la formación continua del capital humano son esenciales para la adopción y operación eficiente de nuevas tecnologías. El personal debe estar preparado en áreas como Tecnologías de la Información, análisis de datos, desarrollo de software y ciberseguridad. Asimismo, se debe valorar y fomentar habilidades blandas como la adaptabilidad, el trabajo en equipo, la gestión de proyectos y el pensamiento sistémico, que permitirán afrontar con éxito cambios y situaciones de crisis en el entorno empresarial. La capacitación en seguridad informática dentro del entorno laboral es crucial. Los empleados deben contar con un protocolo claro para minimizar vulnerabilidades y evitar ciberataques. También es esencial que el

personal comprenda los riesgos laborales asociados al manejo de equipos electrónicos y que se implementen manuales de prevención de riesgos adaptados a cada puesto de trabajo. Para reforzar estos procesos, la contratación de consultores externos especializados puede ser una estrategia eficaz que garantice una transición segura y efectiva hacia entornos digitales más avanzados.

El uso de herramientas como el *Multifactor* y *Doble Autenticación* (MFA) como medida de seguridad.

Muchas organizaciones hoy en día utilizan esta herramienta para reforzar la seguridad en el acceso a sistemas críticos e información sensible creando defensas por capas, que dificulte el acceso y disminuya el riesgo de intrusos no autorizados. La combinación de estas y otras herramientas tecnológicas disponibles permiten construir una infraestructura digital más resiliente ante ataques cibernéticos. Información basada y aplicada a nuestro caso. (Weber, Gudowsky, & Aichholzer, 2018)

En conclusión, la ciberseguridad empresarial no es solo una cuestión tecnológica, sino también organizativa y estratégica. Adoptar un enfoque integral que combine legislación, planificación y formación continua y un equilibrio adecuado permitirá a las empresas enfrentar con éxito los desafíos del mundo digital y garantizar su sostenibilidad en el tiempo.

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO
Tecnología	Adopción de herramientas digitales y sistemas de seguridad avanzada para proteger la integridad de la infraestructura empresarial y garantizar la continuidad de las operaciones diarias.	Jefe de ciberseguridad. Medidas de seguridad como Autenticación Multifactor (MFA). Apoyo en IA o BigData para detectar patrones de riesgo.
Organización	Diseño de estructuras y protocolos de actuación para responder a incidentes,	Protocolos de emergencia actualizados.

	siendo necesaria la formación de equipos especializados y establecimiento de marcos normativos internos y externos que regulen la adopción de nuevas tecnologías.	Equipos humanos especializados en respuestas inmediatas en situaciones de emergencia. Normativas y Regulaciones.
Implicación	Supone un impacto estratégico la adopción de tecnologías más sostenibles y competitivas en la empresa. Se tratará de una combinación de medidas legales, formativa y prevención de riesgos o amenazas.	Capacitaciones en la materia. Contratación de consultores especializados. Cambios planificados en la mentalidad organizacional.

Tabla 3. Resumen de factores claves para una implementación tecnológica exitosa.

Fuente: Elaboración Propia

Implementación de IA generativa, Digitalización e IoT en las actividades diarias de CS. Proceso a seguir.

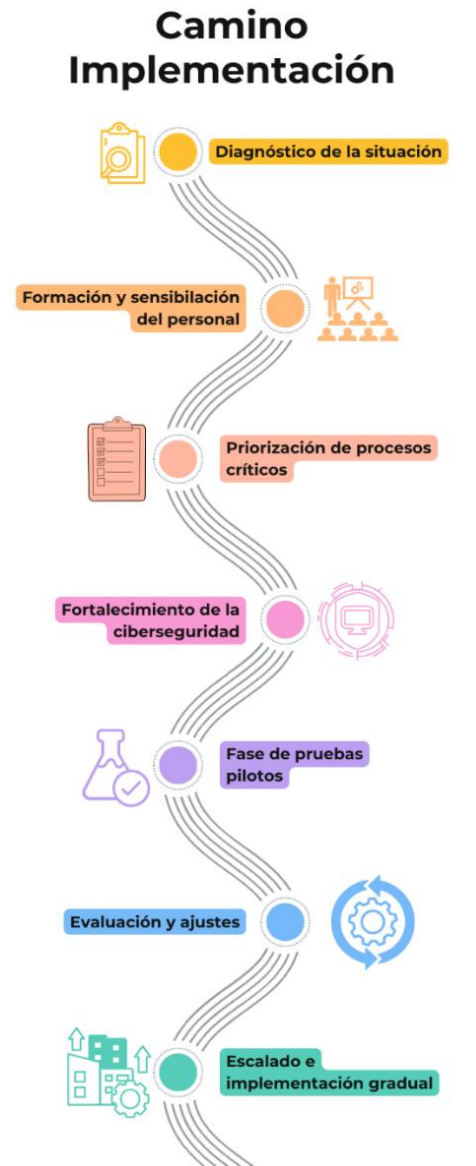


Figura 11. Fases orientativas para una implementación gradual y sostenible.

Fuente: Elaboración Propia

Evaluación de las necesidades actuales y objetivos estratégicos.

Se deberá llevar a cabo un estudio de las áreas críticas que deberán ser digitalizadas — la gestión de inventarios, procesos administrativos y logísticos o producción— además de definir unas metas específicas que se quieran lograr como la de reducir costes operativos, mejorar la precisión de previsiones o mejorar los ratios de satisfacción del cliente.

Desarrollo de una estrategia de digitalización

Es necesario como primer factor que los datos de las organizaciones se encuentren digitalizados, ya que permite que todos los procesos de producción se encuentren digitalmente documentados, la gestión digital de los inventarios, el uso de las IA para el análisis y previsiones futuras personalizadas en función de las características propias de cada empresa. Por ello, es necesario crear un plan de migración de datos a digitales en los procesos claves de la cadena de suministros que se hayan indicado en los objetivos empresariales. Podría ser conveniente la contratación de personal externo experto que ayude con esta transición y que recomiende en función de las características y necesidades que tenga la empresa el uso de unas tecnologías u otras. En este caso vamos a realizarlo con el ejemplo de usar IA generativa y el IOT. (Septiani, Herdiyeni, & Haditjaroko, 2014) (Nguyen & Dao, 2016)

Formación de un equipo multidisciplinario y competente.

En caso de que la empresa no cuente ya con ello, será necesario crear un equipo con gestores de IT, operaciones, logísticas y otras áreas relevantes para que se encuentren en constante comunicación y se garantice la implementación de estas tecnologías de forma integral.

(Arteaga, 2023) (Malik, Gahlawat, & Mor, 2022)

Implementación de pruebas piloto.

Lanzar proyectos piloto en segmentos específicos y seleccionados previamente de la cadena de suministro para evaluar el rendimiento anterior y actual y la viabilidad de utilizar estas nuevas tecnologías. Además, es importante el monitoreo y evaluación constante para identificar mejorar y ajustar la estrategia sobre la marcha si es necesario.

Escalado y expansión.

Una vez probados y validados los proyectos piloto, se puede ir expandiendo la implementación en las otras áreas de la CS identificadas y de manera planificada. Es importante mencionar que para asegurar una adopción efectiva es necesario realizar programas de formación e incentivar al personal para el uso correcto de estas nuevas tecnologías en su operativa diaria.

Pasos específicos.

Una vez escalado a otras áreas, se puede usar la IA generativa y IoT para automatizar procesos repetitivos y mejorar la toma de decisiones gracias a herramientas de Big Data.

Mejora continua y actualización del plan.

Será importante, como en cualquier proceso de cambio, establecer indicadores de rendimiento (KPI) para medir el impacto de las tecnologías implementadas y realizar los ajustes según los resultados obtenidos. También será importante que la plantilla como a nivel organizacional la empresa se mantenga al tanto de todos los avances tecnológicos en el uso de estas herramientas y estar dispuesto a actualizarlas cuando sea necesario.

El apoyo de tecnologías avanzadas como el Internet de las Cosas (IoT) y la IA generativa facilita la recolección, interpretación, análisis y gestión de grandes volúmenes de datos previamente digitalizados, permitiendo un monitoreo en tiempo real del estado de productos, maquinaria y procesos operativos en toda la cadena de suministro. Esto optimiza la toma de decisiones al identificar patrones y tendencias ocultas, anticipando demandas, previniendo interrupciones y optimizando el inventario. Además, trae consigo reducciones significativas en los costos operativos al automatizar tareas manuales, en inventario al minimizar pérdidas por obsolescencia, en mantenimiento mediante el mantenimiento predictivo y en consumo energético al ajustar su uso de manera más eficiente. Estas tecnologías también mejoran la eficiencia operativa al agilizar el flujo de trabajo, en la toma de decisiones al proporcionar datos precisos y en tiempo real, en la logística al optimizar rutas de transporte y en el uso de recursos al predecir la demanda con mayor precisión. ¿Cuál es su relevancia en el caso? La integración de IoT e IA generativa transforma la gestión operativa, aumentando la agilidad y competitividad en un mercado globalizado, lo que permite a las empresas adaptarse rápidamente a cambios en la demanda, reducir costos, aumentar su rentabilidad y mejorar el servicio al cliente, consolidando así su posición estratégica en el mercado.

4. APORTES Y DISCUSIONES.

4.1 Aportes al conocimiento y a la literatura.

En el presente documento se busca aportar una visión crítica sobre los desafíos reales y diarios que pueden enfrentar las empresas en la modernización de sus cadenas de suministros. Muchos de los autores que hemos investigado, plantean una visión muy idealizada y optimista del proceso de implementación, faltando un punto de vista crítico sobre la realidad operativa para empresas de gran tamaño. El análisis realizado nos ha permitido identificar una cierta contradicción en ese planteamiento optimista y grandes beneficios del proceso, permitiendo observar una realidad más cercana compuesta de casuísticas y condicionantes que las empresas deben tener previamente en cuenta para poder asumir este proceso de transformación. Factores como la cultura empresarial, bases legales, inversión en I+D y la organización del capital humano son puntos clave para evaluar la capacidad real de una empresa y decidir si están habilitados para afrontar la transformación en sus CS.

A continuación, se presenta un cuadro comparativo que recoge las diferentes posturas de los autores mencionados en el marco teórico sobre la aplicación de tecnologías en la CS, analizando sus beneficios y desafíos comunes. Gracias a esta comparativa se puede visualizar los distintos enfoques y observar con perspectiva el enfoque teórico y abstracto y la realidad.

Cuadro comparativo: Perspectivas teóricas vs. Realidad práctica en la adopción de tecnologías

I4.0

Autor / Fuente	Enfoque / Aporte principal	Beneficios destacados	Desafíos identificados	Cómo se aplica o se cuestiona en este TFG
Brettel et al. (2014)	Visión teórica de la Industria 4.0 en entornos productivos.	<ul style="list-style-type: none">• Automatización• Eficiencia• Decisiones descentralizadas.	Inversión inicial alta y necesidad de digitalización previa.	Confirmamos su visión, pero se aplica al contexto actual español, descubriendo que muchas

				empresas no tienen aún esa base digital mínima.
Jiménez (2014)	Big Data como herramienta para optimizar procesos.	<ul style="list-style-type: none"> • Anticipación de problemas • Optimización de recursos. 	<p>Dificultad para integrar fuentes de datos internas y externas.</p> <p>Fase de pruebas mínimas necesaria lo que se traduce en tiempo.</p>	<p>Se usa su enfoque para explicar cómo el Big Data puede aplicarse en almacenes y logística, pero también se señala que no todas las empresas están preparadas para interpretarlo ni tampoco tienen claro sus objetivos.</p>
KPMG (2024)	Aplicación de IA generativa en operaciones predictivas.	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora del análisis de ventas, • Ajustes anticipados, • Simulacros de casos de emergencia 	Necesidad de datos de calidad y personal cualificado.	En este TFG se incluyen ejemplos concretos donde la IA generativa puede aplicarse, pero

				se advierte que, sin personal formado, no se logra su potencial, concurriendo en la alta rotación de personal.
Weber et al. (2018)	Enfoque en gobernanza tecnológica y ciberseguridad empresarial.	<ul style="list-style-type: none"> • Prevención de amenazas. • Protección de datos y marco legal. 	Falta de normativas actualizadas y estructuras reactivas que contemplen gran parte de la casuística	Se toma como base para insistir en que la seguridad no depende solo de software, sino también de formación, protocolos y cultura organizativa.
Tapscott & Tapscott (2016)	Uso de Blockchain para asegurar trazabilidad y transparencia.	Mayor confianza y control en procesos logísticos.	Complejidad técnica y resistencia organizacional.	Se valora esta tecnología como aliada en logística, pero se señala que su adopción sigue siendo baja en

	muchas pymes por falta de comprensión o recursos.
--	---

Tabla 4. Perspectivas teóricas vs. Realidad práctica de la adopción de tecnologías I4.0.

Fuente: Elaboración propia

A diferencia de otros estudios centrados únicamente en las bases teóricas, este trabajo apuesta por un análisis conceptual que, aunque no empírico, busca identificar posibles aplicaciones prácticas futuras de estas tecnologías en contextos empresariales reales, especialmente dentro del mercado español.

Considero que, de esta forma, podemos aportar un enfoque y valor más práctico, además de útil para la comunidad académica como responsables de la gestión logística empresarial. A lo largo de este documento se ha intentado dar visibilidad a aquellos vacíos o lagunas del conocimiento menos tratadas, contribuyendo a crear una visión más completa del tema. Por otra parte, el material visual elaborado considero que da gran valor y permite comprender los procesos y como se pueden integrar las tecnologías detalladas para alguien con un conocimiento básico. Finalmente, los resultados y enfoques se han presentado de tal manera que exista la posibilidad de seguir profundizando con investigaciones futuras en sectores específicos de menor desarrollo.

4.2 Aportes prácticos para la gestión empresarial.

Desde un punto de vista práctico, el trabajo otorga unas instrucciones básicas que permiten seguir una ruta de implementación para las empresas, sobre todo aquellas enfocadas en el sector comercial y logístico, permitiendo que estas compañías analicen su propia situación y puedan tomar decisión en función las capacidades que presentes y la hoja de ruta que hemos creado, de esta manera pueden poner evaluar si es viable —a grandes rasgos— iniciar el proceso de implementación. Prosiguiendo con esta idea, presento una herramienta práctica que la empresa puede utilizar para evaluar su grado de preparación antes de asumir un proceso de cambios en su cadena de suministro:

Aspecto a evaluar	¿La empresa cumple con este punto?	Observaciones o acciones necesarias
IT: cuenta con datos almacenados digitalmente.	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	
IT: posee personal que tenga formación digital básica.	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	
IT: existen protocolos de emergencia, comité de crisis y ciberseguridad actualizados.	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	
Tesorería: dispone de recursos asignados para inversiones en I+D.	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	
RRHH: La dirección está comprometida con el proceso de implementación.	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	
RRHH: existe un programa de formación y adaptación de la plantilla actual para los cambios venidero, así como un programa de comunicación planificada para los futuros cambios.	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	
Legal: se cuenta con las bases y regulación legal y ética necesaria para implementar estos cambios.	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	

Estrategia: se ha realizado un diagnóstico exhaustivo y detallado de los procesos logísticos actuales.	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	
Estrategia: existen unos objetivos claros, precisos y realistas junto con un planning de implementación adaptado.	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	

Tabla 5. “Check-list” evaluación grado de preparación ante implementaciones tecnológicas.

Fuente: Elaboración propia

En el caso del mercado español, hemos visto que no se trata de un proceso homogéneo, sino que va a depender de variedad de factores como el tipo de industria, tipo de producto (genérico o específico), la cultura empresarial o la inversión en I+D. Por tanto, este documento permite ampliar el enfoque teórico que se viene observando y darle un sentido mucho más práctico que nos permitan entender que barreras presenta la adopción tecnológica en entornos reales.

Además, nos pareció relevantes dar a conocer tecnologías accesibles que ya están siendo aplicadas por empresas líderes, como *AutoStore* en el caso del almacenamiento o el uso de *BigData* para ajustar inventarios en tiempo real en función de la demanda del mercado. También hacemos hincapié en la importancia de la seguridad digital como condición básica para la sostenibilidad y desarrollo de cualquier tipo de herramienta inteligente. Las recomendaciones que hemos presentado —uso de sistemas de doble autenticación, formación de comité de crisis o bien diseñar protocolos de emergencia adaptados a cada departamento— pueden ser incorporados de manera “sencilla” relativamente hablando, en organizaciones que ya presenten cierto grado de madurez tecnológico.

Desde este punto de vista, el trabajo busca ir más allá de lo descriptivo. Se ha demostrado que ofrecemos propuestas para poder guiar tanto a directivos como responsables operáticos en la planificación, implementación y seguimiento de estrategias de digitalización, intentando evitar soluciones genéricas o descontextualizadas que no aportan una visión real sobre el proceso.

Finalmente, me gustaría dar un breve advertencia y reflexión de este punto. Se ha demostrado que no todas las empresas necesitan digitalizar todos los procesos, algunas pueden utilizar estas nuevas herramientas como apoyo al trabajo humano ya existente o bien reusar utilizarlo dependiendo del tipo de tecnología y producto. La estandarización y aplicación masiva de este proceso puede conllevar impactos negativos si no se tienen en cuenta los contextos específicos de cada compañía además de sus capacidades actuales, sin una visión clara y realista.

4.3 Reflexiones críticas sobre los desafíos actuales.

Como bien hemos mencionado en apartados anteriores, la implementación de esta tecnología conlleva consigo obstáculos estructurales y organizativos que se encuentran presentes en el tejido empresarial. Desafíos como la estructura organizativa la ciberseguridad empresarial, procesos operativos y mentalidad de sus miembros son puntos clave que debemos tener en cuenta para poder articular esta serie de cambios en la organización de manera exitosa.

También, consideramos importante resaltar el disparate crecimiento que hay entre sectores, donde unos como la automoción y logística han avanzado considerablemente en la implementación de estas tecnologías emergentes, otros como la agricultura o industria textil tiene un proceso mucho más limitado por restricciones presupuestarias o barreras culturales. Esta disparidad de sectores permite visualizar los diferentes ritmos de adopción, obteniendo resultados distintos a nivel global.

Otro punto crítico que no hemos mencionado es el riesgo de dependencia excesiva de sistemas automatizados y plataformas digitales, que sin un plan de respaldo podría paralizar y ocasionar graves resultados en las operaciones, como el caso *Nike*. Las empresas deben encontrar su punto de equilibrio donde las herramientas digitales permitan ayudar al trabajo de la plantilla sin llegar a depender al 100% en ellas, al menos sin un plan B que los respalde.

Desde el punto de vista organizacional, es muy probable que estos cambios expongan las brechas internas entre departamentos o generacionales entre empleados. Los trabajadores más antiguos se pueden llegar a mostrar reticentes y rechazar este proceso de cambios, o bien se les dificulte en mayor medida adoptar estas nuevas tecnologías. Esta división interna y diferencias pueden traer consigo resistencias al cambio, errores operativos y falta de alineación estratégica dentro de la compañía.

Finalmente, un punto interesante es el enfoque ético y sostenible de todo este proceso. Pueden existir consideraciones éticas relacionadas con el tratamiento de los datos personales, la automatización excesiva de puestos de trabajo que viene acompañada por el riesgo de desplazamiento laboral o bien la sostenibilidad energética de estos nuevos sistemas digitales. Tener en cuenta estos elementos en la toma de decisiones será vital para una responsabilidad empresarial adecuada, que le permitirá posicionarse y actuar de sólida y robusta frente a consumidores, reguladores y mercados internacionales cada vez más exigentes. Gracias a ello la empresa logrará equilibrar eficiencia, rentabilidad, sostenibilidad y justicia social, construyendo así un modelo de crecimiento alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que establece la Unión Europea.

Testimonios y Experiencias Empresariales sector español.

Gracias a iniciativas como Activa Industria 4.0, múltiples compañías han identificado oportunidades de mejora y los retos que trae consigo la implementación de nuevas tecnologías en sus cadenas de suministro. Los siguientes testimonios considero que pueden ser de gran valor para nuestra investigación:

- *"Para una empresa pequeña como la nuestra, y en un sector tan tradicional, este tipo de iniciativas son trascendentales para que tengamos todo el apoyo necesario para poder luchar y mejorar, para mantenernos en el mercado y poder llegar a competir de igual a igual con grandes multinacionales."* - Raul Touza, Go & Co.
- *"Nos ha facilitado la reorientación estratégica hacia un nuevo modelo de negocio basado en la introducción de tecnologías como IoT e Inteligencia Artificial."* - Jon Andrade, DINAKSA PESAJE (sector maquinaria y vehículos industriales).
- *"Activa Industria 4.0 ha contribuido en dos aspectos clave: medir objetivamente nuestra transformación digital y equilibrar nuestros recursos para impulsar la digitalización en todas las dimensiones del negocio."* - Alberto Lorenzo Mitxelena, EUN (sector de almacenamiento eficaz de mercancía).

Industria Conecta 4.0 “Activa Industria” (Industria y Turismo, 2025)

Estos testimonios sirven de prueba que la adopción de estos cambios no solo conlleva el uso de estas tecnologías, sino que también se necesita un cambio de mentalidad en la plantilla más antigua, reestructurar las operativas actuales y el desarrollo de nuevas capacidades dentro de las empresas.

Para tener un apoyo visual de estos 4 pilares que he mencionado, referirse al siguiente esquema:



Figura 12. Pilares básicos en la adopción nuevas tecnologías.

Fuente: elaboración propia

<i>Pilar</i>	<i>Descripción</i>	<i>Ejemplos</i>
<i>Tecnología</i>	Adopción de herramientas digitales para mejorar productividad y eficiencia	IoT, BigData, IA generativa
<i>Personas</i>	Capital humano preparado y alineado con el cambio. Jornadas de formación continua	Programas de formación con centros especializados, retención de talento, cursos de <i>soft skills</i> y herramientas digitales

<i>Procesos</i>	Rediseño de flujos de trabajo, elaboración de píldoras de emergencia y así aprovechar el potencial de la digitalización	Digitalización/Aplicación herramientas en la cadena de suministro, seguimiento, corrección de desviaciones
<i>Cultura Organizacional</i>	Mentalidad abierta y apoyo de la dirección al cambio, además de sinergias y colaboración entre departamentos	Comunicación interna abierta y constante, apoyo de la dirección, resistencia al cambio debe tratarse en cada caso individualmente

Tabla 6. Cuadro Resumen de los 4 pilares bases implementaciones empresas

Fuente: elaboración propia

5. CONCLUSIONES.

El objetivo central perseguido con la elaboración de este trabajo era analizar el impacto de las nuevas tecnologías pertenecientes a la I4.0 en la cadena de suministro teniendo en cuenta los mercados dinámicos actuales. A lo largo de los distintos apartados, hemos sido capaces de responder a los objetivos planteados en una primera instancia. De qué forma estas tecnologías emergentes, originarias de la I4.0, ofrecen una nueva vía para poder gestionar la complejidad, impulsar la agilidad operativa de la cadena de suministros y responder con acciones robustas ante los desafíos que impone un mercado cada vez más incierto y volátil.

En primer lugar, hemos alcanzado el objetivo de explorar el proceso de adopción tecnológica en las cadenas de suministros, tratando no solo sus beneficios (eficiencia, trazabilidad, reducción de costes, sino también los principales desafíos que suelen pasarse por alto (costes de implementación, resistencia al cambio organizacional, riesgos en materia de ciberseguridad, entre otros).

En segundo lugar, se ha logrado identificar y analizar las tecnologías emergentes con mayor peso para nuestro campo de estudio. Se ha analizado su aplicabilidad práctica en la cadena de suministros, como el caso de *AutoStore* y se han presentado herramientas como IoT, Big Data o la IA generativa aplicadas a las diferentes fases de la cadena de suministro.

Finalmente, se ha profundizado en el valor estratégico de estas herramientas digitales en entornos dinámicos, donde la capacidad de adaptación, el testeo controlado y la toma de decisiones con el apoyo de estas herramientas marcan la diferencia entre mantener la competitividad o quedar rezagado. En este sentido, la implantación tecnológica no es una opción, sino una necesidad indispensable para poder sobrevivir en un mercado altamente competitivo y poder evolucionar.

Si bien es cierto, que todo el trabajo está realizado bajo cimientos teóricos siguiendo una Revisión Sistemática de la Literatura, se ha buscado en todo momento conectar estos conceptos teóricos con casos reales y escenarios prácticos, partiendo caminos para futuras investigaciones más aplicadas o empíricas.

En relación con el resto de los objetivos planteados en un primer momento, se puede afirmar que todos han sido cumplidos con éxito:

- Estudiar la definición de entornos dinámicos: hemos ofrecido una definición clara y desarrollada del término, profundizando en sus características, sus diferencias con

entornos estáticos y su relevancia estratégica en el contexto empresarial actual. Se ha demostrado que en estos entornos es donde las tecnologías emergentes tienen un mayor impacto.

- Identificar las tecnologías emergentes más relevantes en las CS: este objetivo ha sido alcanzado a través del estudio detallado de seis tecnologías clave, matizando en su funcionamiento, sus ventajas potenciales y casos reales o simulados de aplicación.
- Considerar los principales desafíos que enfrentan las empresas en su implementación: se han identificado los retos más significativos, como los costes iniciales, la resistencia al cambio y, especialmente, los riesgos en ciberseguridad. Además, se han presentado propuestas que permiten a las organizaciones enfrentar estos desafíos desde una perspectiva estratégica.
- Ofrecer una visión teórica con proyección práctica: si bien no se ha realizado un análisis empírico, el enfoque de esta revisión ha sido siempre el de vincular la teoría con situaciones empresariales reales, proponiendo líneas de actuación que pueden servir de base para futuras aplicaciones concretas en el entorno empresarial español.

En resumen, las nuevas tecnologías nos ofrecen una opción sólida hacia la obtención de cadenas de suministros ágiles, resistentes y sostenibles en entornos volátiles. Sin embargo, una implementación exitosa dependerá no solo del acceso a estas nuevas herramientas, sino a la preparación estratégica, organizativa y cultural previa que puedan llevar a cabo la dirección de las empresas. Este trabajo de fin de grado espera servir como punto de partida para que profesionales o académicos puedan comprender mejor este proceso de transformación y tomar decisiones informadas en el camino hacia la digitalización de sus operaciones.

6. LIMITACIONES Y FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN.

En cuanto a las limitaciones con las que nos hemos enfrentado a lo largo de este trabajo, se pueden señalar las siguientes:

- Hemos delimitado muy bien nuestro abanico de estudio, aunque en algunos momentos esto ha resultado ser un enfoque algo cerrado. Abrir el horizonte a un abanico más amplio de tecnologías, profundizar en temáticas como la transformación digital o incluso incluir entrevistas de primera mano a directivos podría haber aportado mayor solidez y riqueza a las bases de este trabajo.
- El factor tiempo ha sido una limitación constante. Hubo ideas que no se pudieron desarrollar como se quería o temas que quedaron sin profundizar por el hándicap que suponía elaborarlos desde cero e integrarlos de forma coherente dentro del trabajo. También es cierto que, aunque la coordinación con mi tutor fue muy buena durante el proceso de revisión, acordar fechas comunes para recibir *Feedback* restó bastante tiempo de trabajo antes de la entrega final.
- Por otra parte, el hecho de no contar con una base previa sobre cómo desarrollar un trabajo de esta categoría fue un reto importante, especialmente al inicio. No conocer con claridad una vía o hilo conductor genera cierta inseguridad. En mi caso concreto, considero que en algunas ocasiones tiendo a perderme en los detalles y a olvidar el foco principal que guía el desarrollo del trabajo.

Respecto a futuras líneas de investigación, me gustaría proponer un enfoque que no se ha abordado en este trabajo: analizar el desarrollo de la Industria 4.0 no solo desde una perspectiva operativa, sino también desde su impacto en los entornos organizativos. Esto implica estudiar cómo la transformación digital afecta la cultura empresarial, la estructura interna, la gestión del talento y la estrategia general.

Este enfoque resulta especialmente relevante porque, como muestran testimonios recogidos en el programa Activa Industria 4.0, muchas empresas reconocen que la digitalización no puede limitarse a incorporar tecnologías, sino que debe ir acompañada de un cambio interno profundo en todas las dimensiones del negocio. Del mismo modo, Valilai y Sodachi (2020) destacan que la capacidad de adaptación que ofrece la Industria 4.0 solo se concreta cuando existen estructuras organizativas flexibles y preparadas.

Además, a lo largo del trabajo se ha evidenciado que barreras como la resistencia al cambio o la falta de formación del personal pueden limitar seriamente el impacto de estas tecnologías. Por ello, analizar este proceso desde una perspectiva organizativa ayudaría a entender cómo lograr una adopción tecnológica más coherente, sostenible y alineada con los objetivos estratégicos de las empresas. Esta línea de investigación permitiría, en definitiva, conectar lo técnico con lo humano, y aportar soluciones más integrales a los desafíos que plantea la transformación digital actual.

7. **BIBLIOGRAFIA.**

- Forus S.A. (2021). *El Primer AutoStore en Latinoamérica en Acción: La Automatización de Almacenes de Forus S.A.* Obtenido de Bosch Global, MITCSAIL: https://www.youtube.com/watch?v=67FhJ_u7A8Y
- Pettit, T., L. Croxton, K., & Fiksel, J. (2019). *The evolution of resilience in supply chain management. Journal of bussiness losgistics, 10.*
- Accenture / Oxford Economics. (s.f.).
- Ametic. (2020). *AMETIC y su compromiso con la industria 4.0.*
- Arteaga, J. (2023). *Análisis comparativo de IDEs enfocados a Machine Learning. . Esprint Investigación, 2,5-13.*
- Brettel et al. (2014). *The Impact of Industry 4.0 on Supply Chains.*
- Collyer, S., & MJ Warren, C. (2008). *Project management approaches for dynamic environments. ScienceDirect.*
- Díaz, M., & Figueras, B. (2025). *PwC España. Obtenido de PwC España: <https://www.pwc.es/es/consultoria/digitalizacion-cadena-suministro-pausa.html>*
- Dutta, e. (2020).
- F. Zezulka, & J. Jirsa. (2022). *The Ideas of Industry 4.0: Seven Years After. ScienceDirect.*
- Gabler et al. (2017).
- Google Trends. (2025). *Búsquedas y publicaciones en Google sobre I4.0 por región. Obtenido de Google Trends: <https://trends.google.it/trends/explore?date=2005-01-01%202025-04-04&q=I4.0&hl=es>*
- Gubbi , J., Buyya, R., & Marusic, S. (2013). *Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. ScienceDirect.*
- Hu, W., Zhang, T., & Deng, X. (2020). *Digital twin: a state-of-the-art. Emerald Insight.*
- Industria y Turismo. (2025). *Activa Industria 4.0. Obtenido de Industria Conecta 4.0: <https://www.industriaconectada40.gob.es/programas-apoyo/Paginas/activa.aspx>*

- J.C, T. (1999). *Sistema de información para el Seguimiento de Proyectos de Agua*. Universidad de las Américas Puebla: Catarina UDLAP.
- Jimenez, C. M. (2014). *Big Data. Un nuevo paradigma de análisis de datos*.
- Joseth Serrano, G., Lorenza, A., & Larrea, P. (2025). *Transformation of the Dairy Supply Chain Through Artificial*. MDPI.
- Kerik, J. C. & Tornés, A. G. (2001). *Planeación estratégica de tecnología de información en entornos dinámicos e inciertos*. *Revista General Universitaria*, 9.
- KPMG. (2024). *Cadena de Suministro: Tendencias 2024*. Brasil.
- Leite, M., & Braz, V. (2016). *Agile manufacturing practices for new product development: industrial case studies*. *Journal of Manufacturing Technology Management*.
- Lerher, T., & Bencak, P. (2022). *Advanced Technologies in Logistics Engineering: Automated Storage Systems with Shuttles*. *TEHNICKI GLASNIK-TECHNICAL JOURNAL*.
- Malik, M., Gahlawat, V., & Mor, R. (2022). *Application of Optimization Techniques in the Dairy Supply Chain: A Systematic Review*. *Logistics*, 74.
- Martin, Peck, Shin, & Park. (2020).
- Ministerio de Industria y Turismo. (2025). *Ministerio de Industria y Turismo*. Obtenido de <https://www.mintur.gob.es/portalayudas/industriaconectada/Paginas/Index.aspx>
- Negro Macho, A., & Tovar Martínez, F. (2021). *Evidencias e incertidumbres de la Industria 4.0 en España: un relato en construcción*. *PanoramaSocial*, 17.
- Nguyen, T., & Dao, T. (2016). *Proceedings of the 2015 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*. IEEE Computer Society.
- Real Academia de Lengua Española. (2024). *Diccionario de la Real Academia de Lengua Española*. Obtenido de *Diccionario de la Real Academia de Lengua Española*: <https://dle.rae.es/resiliencia>
- Rousseau, e. (2008).
- Sabriá, F. (2016). *La cadena de suministro*. Barcelona: MargeBooks.
- Salvadore, C., Ciancimino, E., & Framinan, J. (2010). *Los cuatro arquetipos de las cadenas de suministro*. *Universia Business Review*.

- Sanchez, M., Beresovsky, P., & De las flores, V. (2016). TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN EN LAS ORGANIZACIONES. DCA.*
- Schlick, J. S. (2014). Industrie 4.0 in der praktischen Anwendung In.*
- Scholten and Schilder. (2015).*
- Septiani,, W., Herdiyeni, Y., & Haditjaroko, L. (2014). Proceedings of the 2014 International Conference on Advanced Computer Science and Information System. 255-260.*
- Tapscott, A., & Tapscott, D. (2016). La revolución BlockChain. Deusto.*
- Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management. British Journal of Management,.*
- Valilai, & Sodachi. (2020). Inspiration of Industry 4.0 to Enable a Proactive Sustainability Assessment Model through the Supply Chain. ScienceDirect, 7.*
- Web Of Science. (2025). Web Of Science. Obtenido de Web Of Science: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search>*
- Weber, K., Gudowsky, N., & Aichholzer, G. (2018). Foresight and technology assessment for the Austrian parliament. Elsevier.*
- Yongkuk , J. (2022). An optimization model with stochastic variables for flexible production logistics planning. Sweden: Cornell University. Department of Sustainable Production Development.*
- Yusuf, G. a. (2002). Agile Manufacturing: A Taxonomy of Strategic and Technological Imperatives. American Journal of Operations Research.*

8. ANEXOS.

8.1 Índice de tablas.

<i>Tabla 1. Recopilación fuentes utilizadas</i>	14
<i>Tabla 2. Comparativa de los 4 arquetipos de la Cadena de Suministro</i>	31
<i>Tabla 3. Resumen de factores claves para una implementación tecnológica exitosa.</i>	37
<i>Tabla 4. Perspectivas teóricas vs. Realidad práctica de la adopción de tecnologías I4.0.</i>	44
<i>Tabla 5. “Check-list” evaluación grado de preparación ante implementaciones tecnológicas.</i>	46
<i>Tabla 6. Cuadro Resumen de los 4 pilares bases implementaciones empresas</i>	50

8.2 Índice de figuras.

<i>Figura 1. Evolución citas y publicaciones de I4.0</i>	12
<i>Figura 2. Publicaciones relacionadas con I4.0 en Supply Chain</i>	12
<i>Figura 3. Keywords Cloud utilizada</i>	13
<i>Figura 4. Fases proceso metodológico empleado.</i>	15
<i>Figura 5. Comisión de Industria 4.0</i>	17
<i>Figura 6. Búsquedas I4.0 por región desde 2012</i>	16
<i>Figura 7. Presencia de tecnologías emergentes en España</i>	19
<i>Figura 8. Prioridades y riesgos.</i>	22
<i>Figura 9. Inversión en tecnología.</i>	23
<i>Figura 10. Comparativa grado digitalización en España frente a otras potencias.</i>	24
<i>Figura 11. Supply Chain aplicada con tecnologías de I4.0</i>	28
<i>Figura 12. AutoStore Swisslog</i>	33
<i>Figura 13. Fases orientativas para una implementación gradual y sostenible.</i>	38
<i>Figura 14. Pilares básicos en la adopción nuevas tecnologías.</i>	49