

Tecnología Blockchain Aplicada a la Supply Chain

*Estudio de la aceptación y uso de la tecnología
blockchain en la cadena de suministros*

Nombre de los estudiantes: Juan Gallardo y Pol Zapata

Nombre del tutor/a: Dr. Jesús E. Martínez

20 de junio del 2021

MEMORIA DEL TREBAJO FINAL DE GRADO

Curso: 4rto

Estudios: Logística y Negocios Marítimos

Resumen

Las cadenas de suministros han evolucionado a lo largo de la historia. Con la creciente cantidad de datos e información que se transmiten entre los actores, resulta complicado planificar y coordinar todos los procesos que intervienen. La trazabilidad, la transparencia y la confianza entre los actores son tres características claves a tener en cuenta para dar al cliente un servicio o producto de calidad. Estos procesos se pueden ver beneficiados gracias a las nuevas tecnologías emergentes. La tecnología blockchain es una de las tecnologías en pleno desarrollo más prometedoras, ya que puede brindar seguridad, transparencia, confianza y rapidez a los procesos. Algunas de las grandes multinacionales más importantes del mundo son conscientes de ello y ya están aplicando esta tecnología en sus cadenas logísticas. Aun así, aún hay mucho terreno por investigar. Es por eso que, en el presente trabajo, se detectarán los principales retos de la cadena de suministros, se explicará el funcionamiento de la tecnología blockchain y las mejoras que puede aportar a la cadena. Se estudiará la aceptación y uso de la tecnología blockchain por parte de los principales actores, especialmente operadores logísticos y agentes del sector portuario de la zona de Barcelona y alrededores. Para ello, se ha realizado un cuestionario basado en el modelo UTAUT (Unified theory of acceptance and use of Technology). El modelo desarrollado ha sido estimado usando el modelado de ecuaciones estructurales de mínimos cuadrados parciales (PLS-SEM) y analizado con el programa estadístico Smart-PLS.

Palabras clave: Cadena de suministros, Trazabilidad, Transparencia, Confianza, Cadena de bloques, UTAUT, PLS-SEM.

Resum

Les cadenes de subministraments han evolucionat al llarg de la història. Amb la creixent quantitat de dades i informació que es transmeten entre els actors d'aquesta, resulta complicat planificar i coordinar tots els processos que intervenen. La traçabilitat, la transparència i la confiança entre els actors són tres característiques claus a tenir en compte per oferir al client un servei o producte de qualitat. Aquests processos es poden veure beneficiats gràcies a les noves tecnologies emergents. La tecnologia de cadena de blocs és una de les tecnologies en ple desenvolupament més prometedores, ja que pot aportar seguretat, transparència, confiança i rapidesa als processos. Algunes de les grans multinacionals més importants de món són conscients d'això i ja estan aplicant aquesta tecnologia en les seves cadenes logístiques. Tot i això, encara falta molt per

investigar. És per això que, en el present treball, es detectaran els principals reptes de la cadena de subministrament, s'explicarà el funcionament de la tecnologia blockchain i les millores que pot aportar a la cadena. S'estudiarà l'acceptació i ús de la tecnologia blockchain per part dels principals actors, especialment operadors logístics i agents del sector portuari de la zona de Barcelona i rodalies. Per a això, s'ha realitzat un qüestionari basat en el model UTAUT (Unified theory of acceptance and use of Technology). El model desenvolupat ha estat estimat utilitzant el modelatge d'equacions estructurals de mínims quadrats parcials (PLS-SEM) i analitzat amb el programa estadístic Smart-PLS.

Paraules clau: Cadena de subministrament, Traçabilitat, Transparència, Confiança, Cadena de blocs, UTAUT, PLS-SEM.

Abstract

Supply chains have evolved throughout history. With the growing amount of data and information that is transmitted between the actors, it is difficult to plan and coordinate all the processes involved. Traceability, transparency and trust of stakeholders are three key characteristics to consider to give the customer a quality service or product. These processes can benefit from new emerging technologies. Blockchain technology is one of the most promising technologies in development, as it can provide security, transparency, trust and speed to processes. Some of the world's largest multinationals are aware of this and are already applying this technology in their logistics chains. Still, there is still much ground to investigate. That is why, in this paper, the main challenges of the supply chain will be detected, the operation of blockchain technology and the improvements it can bring to the chain will be explained. The acceptance and use of blockchain technology by the main actors, especially logistics operators and agents in the port sector in the Barcelona area and its surroundings, will be studied. To this end, a questionnaire based on the UTAUT model (Unified theory of acceptance and use of Technology) was conducted. The developed model has been estimated using the modelling of partial least squares structural equations (PLS-SEM) and analysed with the statistical program Smart-PLS.

Keywords: Supply Chain, Traceability, Transparency, Trust, Blockchain, UTAUT, PLS-SEM.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	7
2. MARCO TEÓRICO	8
2.1. CADENA DE SUMINISTROS	9
2.1.1. <i>Introducción a la cadena de suministros</i>	9
2.1.2. <i>Actores principales</i>	11
2.1.3. <i>Principales retos</i>	13
2.2. BLOCKCHAIN	16
2.2.1. <i>Introducción a la tecnología Blockchain</i>	16
2.2.2. <i>Historia y contexto</i>	16
2.2.3. <i>Distributed ledgers</i>	17
2.2.4. <i>Criptografía</i>	18
2.2.5. <i>Arquitectura</i>	20
2.2.6. <i>Merklee tree</i>	21
2.2.7. <i>Tipología de cadenas</i>	22
2.2.8. <i>Algoritmo de consenso</i>	24
2.2.9. <i>Smart Contracts</i>	25
2.3. MEJORAS DE BLOCKCHAIN EN LA CADENA DE SUMINISTROS	26
2.4. PRINCIPALES BARRERAS	28
2.5. APLICACIONES ACTUALES: CASOS DE ÉXITO	29
2.5.1. <i>Walmart y Hyperledger</i>	30
2.5.2. <i>Port of Rotterdam</i>	32
2.5.3. <i>IBM & Mearsk: Plataforma tradelens</i>	35
2.5.4. <i>CMA-CGM y MSC</i>	37
2.6. CONCLUSIONES MARCO TEÓRICO	39
3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	40
4. METODOLOGÍA	42
4.1. UTAUT: UNIFIED THEORY OF ACCEPTANCE AND USE OF TECHNOLOGY	42
4.2. METODOLOGÍA PARA LA RECOPIACIÓN DE DATOS	46
4.3. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE DATOS	47
5. RESULTADOS	50
5.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO.....	50
5.1.1. <i>Género</i>	50
5.1.2. <i>Edad</i>	50
5.1.3. <i>Nivel de estudios</i>	51

5.1.4.	Sector laboral	52
5.1.5.	Blockchain: Qué es, aplicaciones, uso y formación en la empresa.	52
5.2.	ANÁLISIS EMPÍRICO	55
6.	CONCLUSIONES	61
7.	RECOMENDACIONES	63
8.	BIBLIOGRAFÍA	64
9.	ANEXOS	70

1. Introducción

El presente trabajo pretende analizar el uso y aceptación de la tecnología Blockchain por parte de los diferentes actores de la cadena de suministros. Se empezará definiendo el concepto de cadena de suministros, para posteriormente analizar y teorizar las principales características de la tecnología Blockchain. Asimismo, se estudiará la actual situación y relevancia de esta tecnología dentro del mundo de la logística y el comercio internacional basándose en el estudio de casos reales. Hasta el momento, no se ha realizado ningún estudio previo sobre la aceptación y uso de esta nueva tecnología en la comunidad logística portuaria de Barcelona y sus alrededores.

Las cadenas logísticas son un factor clave para la globalización, la progresión y la competitividad de las empresas (Fujita, M. y Thisse, J.-F., 2006). Así mismo, la información 4.0. (Etemadi, N., Borbon-Galvez Y. y Strozzi, F., 2021).

En los últimos años, el crecimiento exponencial de la información y las tecnologías de la comunicación han disrumpido en todos los modelos de negocio, principalmente en el campo de la logística y la gestión de la cadena de suministro (Goldsby, T. J. y Zinn, W., 2016).

El impacto que suponen todos estos avances exige realizar estudios científicos al respecto para poder estudiar tanto la situación actual y futura como las posibilidades y limitaciones de las nuevas tecnologías.

La gestión de la cadena de suministros es una ciencia apasionante, el hecho de poder transformar diferentes materias primas de cualquier lugar del planeta, unificarlas y transformarlas agregando valor añadido para satisfacer las necesidades del consumidor, es todo un arte. Como estudiantes del grado de Logística y Negocios Marítimos, entendemos de primera mano el funcionamiento y complejidad que hay detrás de una Cadena de Suministros. Esto ha sido gracias a lo aprendido en materias como Almacenaje y Distribución, además de otras asignaturas como Gestión de Operaciones o Gestión de la Cadena de Suministros. Así mismo, el conocimiento adquirido en Métodos Cuantitativos Aplicados a la Logística nos permitió aprender a realizar un enfoque sistemático, con el fin de poder identificar elementos clave, analizando la información disponible y así resolver problemas dentro del ámbito de aplicación con un objetivo final en mente. En Sistemas de Información se pudo comprender el funcionamiento de las técnicas y métodos que son utilizados para la

planificación, esquematización, organización y monitorización de procesos logísticos en todos sus flujos.

Las personas, raramente paramos a pensar en todos los procesos previos que se toman antes de poder disfrutar de un producto. Prácticamente todo lo que podemos ver y tocar es Supply Chain. La cadena de suministro conecta a todos los actores, por lo que consideramos que con Blockchain y otras tecnologías 4.0 aplicadas a la cadena de suministros, podríamos dar solución a algunos de los principales problemas, retos e ineficiencias que presentan las cadenas de suministro actuales. Las cadenas logísticas, como bien dice el Dr. Caplice del MIT, han evolucionado a lo largo de la historia, pasando de ser un conjunto de actividades individuales y aisladas a ser un proceso que se plasma en un diseño de una red perfectamente engrasada y coordinada entre todas las funciones, actividades, elementos y agentes involucrados.

2. Marco Teórico

El marco teórico establecido se fundamenta en el estudio y análisis de *papers* y revistas científicas relacionadas con el tópico de la investigación. Obteniendo datos a través de fuentes fiables, siendo analizadas y expuestas en la investigación. Enfocado a cumplir los objetivos establecidos y aceptar o rechazar las hipótesis planteadas.

La cadena de suministros tiene un papel protagonista en la economía actual. Muy pocos productos o servicios son ofrecidos únicamente por una sola organización sin la participación de otros vendedores, proveedores, fabricantes, socios o terceros. (Govindan, K y Hasanagic, M., 2018)

Tal como observan Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J. y Shen, L., (2019), actualmente las cadenas de suministros son complejas, jerárquicas y están geográficamente desarticuladas. Se procesan muchas transacciones ineficientes, abunda el fraude, el hurto y el empoderamiento de la información asimétrica. Esto se debe a la falta de transparencia, desconfianza y veracidad de los datos. La trazabilidad es una característica y una necesidad que tienen las cadenas de suministro con urgencia. Algunos de los sectores que pueden verse más afectados son el sector de la agricultura, el farmacéutico y productos de alto valor o lujo. Es por eso por lo que la tecnología blockchain puede mejorar y dar solución a estos problemas.

El (Gráfico 1) presentado a continuación, nos sirve para visualizar cómo es la actual situación en las diferentes industrias en cuanto a integración de tecnologías blockchain con las cadenas logísticas de las empresas.

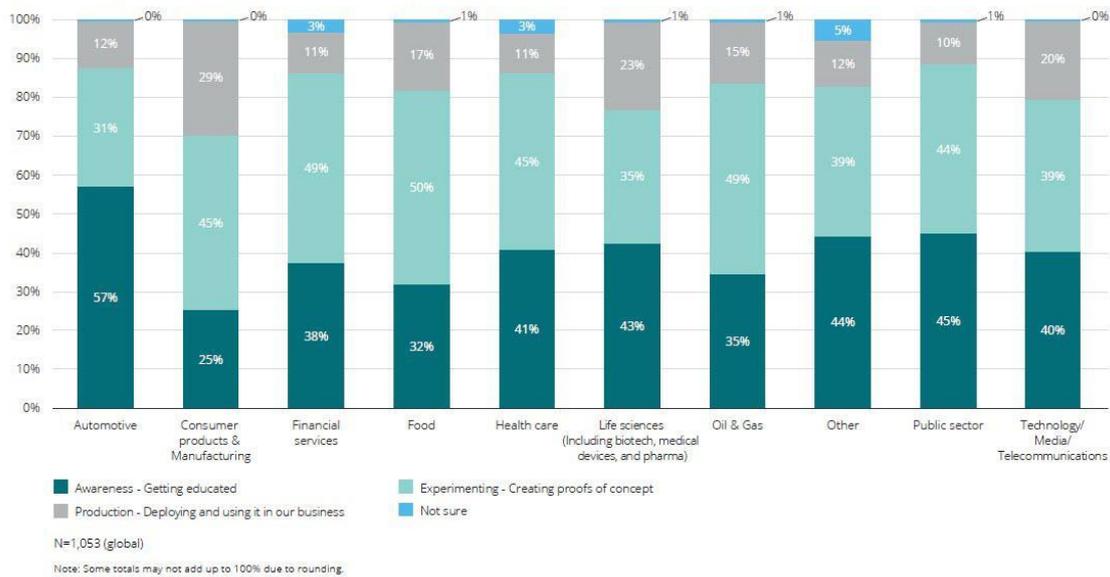
Gráfico 1 Proceso de adopción de la tecnología blockchain por sector.

Deloitte's 2018 global blockchain survey | Findings and insights

Company progress in the blockchain journey by industry

Not surprisingly, most respondents are in the awareness and experimenting phases in their blockchain journeys. But interestingly enough, nearly 30% of the Consumer Products & Manufacturing respondents say they are in production phase with blockchain, followed by Life Sciences (23%) and Tech/Media/Telecom (20%).

Q: Where is your company in its blockchain journey?



Fuente: Deloitte (2018). Breaking Blockchain Open.

2.1. Cadena de suministros

2.1.1. Introducción a la cadena de suministros

La cadena de suministros tiene una extensa variedad de definiciones, lo cual puede dar lugar a confusiones y falta de conocimiento por parte de las empresas. Se empezará por la que proporciona el Foro Global de la Cadena de Suministro. La definición es la siguiente:

“Supply Chain Management es la integración de procesos comerciales clave desde el usuario final hasta los proveedores originales que brindan productos, servicios e información que agregan valor a los clientes y otras partes interesadas”. (Lambert, D. y Cooper, M., 2000, p66).

La incorporación reciente del término red en la investigación de la gestión de la cadena de suministro amplía este concepto. “Una red es una estructura en la que varios nodos están relacionados entre sí mediante subprocesos específicos.” (Ford, D., Lars-Erik, G., Håkansson, H. y Snehota I., 2003, p183). Las redes de suministro se pueden definir como: "conjuntos de cadenas de suministro, que describen el flujo de bienes y servicios desde las fuentes originales hasta los clientes finales" (Richard, L., Johnsen, T., Zheng, J. y Harland, C., 2000, p676).

En la literatura científica de la cadena de suministros el concepto gestión de la cadena de suministros o *supply chain management* es muy común. Atendiendo el estudio de David Frederick Ross (1998) se considera que la terminología que envuelve la cadena de suministro suele ser compleja, complicando su comprensión. En esta sección se clasificarán y sintetizarán algunas de las definiciones. El objetivo es desarrollar una definición integral teórica de la misma, además de presentar y detallar los principales actores inmersos en las cadenas de suministro.

La definición de "cadena de suministro" parece ser más común entre los autores que la definición de "gestión de la cadena de suministro" (Cooper y Ellram, 1993). Bernard J. La Londe y James M. Masters propusieron en la revista académica del International Journal of Physical Distribution & Logistics Management en 1994 que “una cadena de suministro son varias empresas que transportan carga, a través de una cadena de actores compuesta por el usuario final en un extremo, habiendo en medio productores de materias primas y componentes, los ensambladores de productos, los mayoristas, los comerciantes minoristas y las empresas de transporte son todos miembros de un suministro.”

Otra definición destaca que “una cadena de suministro es la red de organizaciones que están involucradas, a través de vínculos ascendentes y descendentes, en los diferentes procesos y actividades que producen valor en forma de productos y servicios entregados al consumidor final” (Christopher, 1992).

Cabe destacar que existen tres niveles distintos en la cadena de suministro derivados de su complejidad. Estos son los siguientes:

- La cadena de suministro directa consta de tres partes que se ven involucradas en los flujos de información, financieros, servicios o productos materiales. Estas partes son la empresa, el proveedor y el cliente o consumidor.

- La cadena de suministro extendida amplía las tres partes principales a otros proveedores y clientes de la misma cadena.
- Una cadena de suministro final es la que tiene en cuenta a todas las partes y organizaciones involucradas en todos los flujos generados.

2.1.2. Actores principales

Fabricante

Obtiene, proporciona o fabrica ingredientes, materias primas, piezas, productos terminados u otros bienes. Luego envían lo que producen a otras organizaciones.

Los fabricantes proporcionan productos a las organizaciones de la cadena de suministro posterior. Esas adquieren o compran esos bienes del fabricante para su posterior transporte, posterior fabricación, distribución o venta. Un fabricante entregará los bienes directamente a un proveedor de logística o transporte que los entregará a la organización receptora.

Terminal

Las terminales, puertos y depósitos son lugares donde los productos se envían, reciben, manipulan, procesan o gestionan de otro modo para la logística posterior. Son el punto crítico para el envío, recepción y entrega de mercancías. Un ejemplo sería un puerto marítimo donde los productos se transfieren de un buque portacontenedores a camiones para su posterior transporte a los almacenes.

Transitarios

Administra, gestiona y organiza la transferencia y el transporte de ingredientes, materias primas, piezas y productos acabados de un lugar u organización a otro. No mueven los bienes por sí mismos, sino que contratan a operadores logísticos o proveedores de estos servicios para que los muevan en nombre de su cliente.

Aunque no son propietarios de embarcaciones, se encargan de toda la documentación necesaria y los avisos de envío.

Proveedor de transporte

Un proveedor de transporte mueve físicamente mercancías de una ubicación u organización a otra. Poseen o alquilan la infraestructura de transporte necesaria para manipular y mover físicamente los bienes y pueden ser parte de una empresa de logística integrada, o simplemente contratados por una transitaria.

Esto incluye:

- Proveedores de transporte marítimo a través del transporte de contenedores en buques portacontenedores.
- Proveedores de transporte ferroviario mediante el transporte de mercancías y contenedores intermodales a través de la red ferroviaria en locomotoras y vagones especializados.
- Proveedores de transporte por carretera a través de camiones que transportan contenedores de envío u otra carga.
- Proveedores de transporte aéreo mediante el envío de mercancías en aviones logísticos especializados.

Participan siempre que las mercancías se tengan que trasladar de un sitio a otro. Incluso si no son empresas de logística, serán subcontratadas por esas organizaciones para la transferencia de productos.

Proveedor de servicios logísticos

Proporciona una variedad de servicios para el transporte, almacenamiento y gestión de mercancías en toda la cadena de suministro. Son los principales responsables de garantizar que los bienes lleguen de un punto a otro de la cadena de suministro.

Proveedores de equipos

Fabrica, posee o alquila la infraestructura física y los activos necesarios para transportar mercancías. Ejemplos:

- Proveedores de contenedores intermodales que poseen o alquilan contenedores de envío para la transferencia segura de mercancías.
- Proveedores de camiones, chasis y remolques que poseen o alquilan camiones y remolques para el transporte por carretera.
- Proveedores ferroviarios que poseen o alquilan locomotoras y vagones de transporte especializados para el transporte ferroviario.
- Otros proveedores de equipos, como propietarios de buques portacontenedores o propietarios de carga aérea.

Proveedor

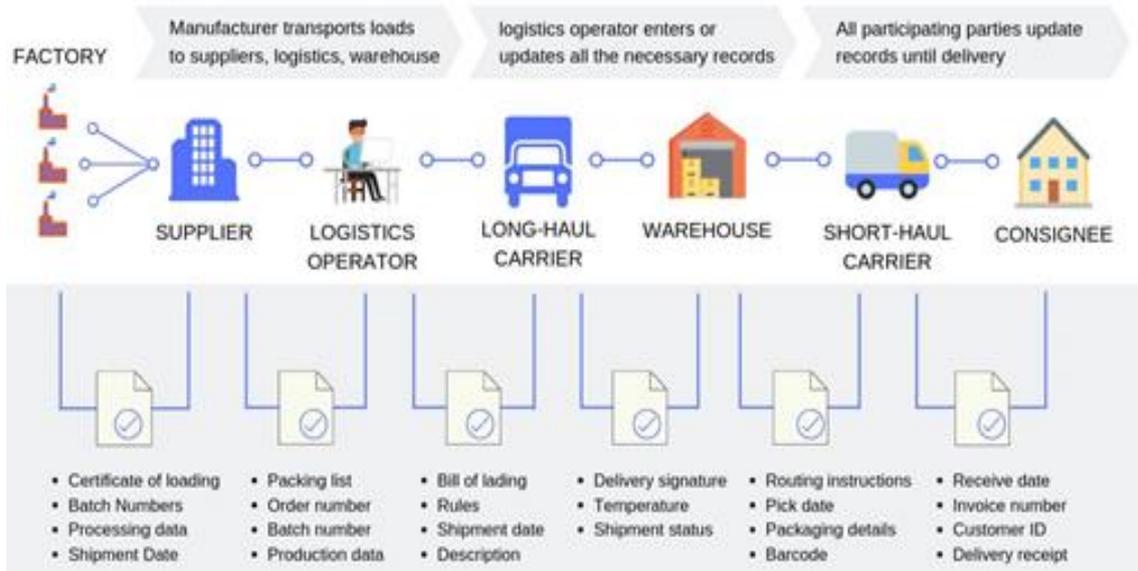
Es un importador de bienes que tiene posesión de los bienes cuando se reciben. Utilizan sus propias funciones logísticas para recibir, gestionar y transportar mercancías en lugar de depender de un operador logístico.

Suelen ser empresas más grandes con suficiente capital y recursos para tener funciones de logística interna. Por ejemplo: Amazon, Walmart, Nestlé, P&G, Unilever, Microsoft, Apple, HP, Tesla.

Centro de distribución y almacén

Almacenan y custodian ingredientes, materias primas, piezas y productos terminados. Aseguran la mercancía y la almacena correctamente. Muchos almacenes también operan como centros de distribución, organizando la transferencia y el transporte de mercancías a organizaciones de la cadena de suministro o clientes finales. Actúan como intermediarios en el transporte de mercancías de un lugar a otro.

Imágen 1 Blockchain en la logístca



Fuente: imaginovation

2.1.3. Principales retos

Dada la complejidad de la cadena de suministros y todos los procesos involucrados, existen muchos desafíos en la gestión de esta. Angwei Law (2017) los clasifica en dos etapas.

1. Planificación

- **Planificación de la demanda:** Pronosticar la demanda del consumidor es uno de los principales retos en la gestión de la cadena de suministros, siendo más sencilla para productos esenciales como la comida o electrodomésticos. Por otro lado, los productos discrecionales o vinculados a un estilo de vida como la moda

o la tecnología generan incertidumbre a la hora de predecir la demanda, pues hay muchos factores que pueden afectar la decisión final del consumidor. El consumidor puede cambiar de gustos y preferencias muy rápidamente (ej. fast fashion). En 2010, McKinsey realizó una encuesta sobre los retos de la cadena de suministros. Como resultado, se observó que la volatilidad de la demanda del cliente final era el principal reto según los ejecutivos de las empresas.

- **Gestión de inventarios:** Está muy relacionado con la previsión de la demanda. Cuanto más acierto se tenga en la previsión de la demanda más ajustada se tendrán los niveles de stock. Un alto nivel de inventario supone uno de los principales costes para las empresas. Actualmente, coexisten muchos modelos de gestión de inventarios. Por ejemplo, el modelo Newsvendor, economic order quantity (EOQ).

2. Coordinación

- **Intercambio de información y trazabilidad:** Es inevitable que aparezcan problemas de datos e información. Pues intervienen muchos *stakeholders* o partes interesadas en la cadena de suministros (empresas privadas, públicas, organismos etc.) y la naturaleza del transporte va estrechamente vinculada al alto nivel de emisión y flujo de documentos. La falta de intercambio de información también es un factor limitante para la colaboración y confianza entre los actores de la supply chain. Si los actores desconfían de la información que retienen las otras partes, es menos probable que confíen entre sí y puede incurrir en costes extras.
- **Gestión de riesgos y disrupciones:** Es un aspecto crítico y esencial para cualquier empresa, y más aún en las cadenas de suministro. Angwei Law (2017), menciona que la resiliencia y la rápida adaptación mediante planes de contingencia será clave para reducir el impacto de cualquier interrupción y garantizar la calidad en las operaciones de este modo, poder seguir operando en caso de que aparezca una emergencia. Por otro lado, otra manera de protegerse ante las adversidades es aumentando la visibilidad a lo largo de toda la supply chain, vinculado estrechamente al intercambio de información y la trazabilidad de producto, dando lugar a empresas más ágiles y resilientes.

- **Transparencia:** Mientras el comportamiento del consumidor va evolucionando hacia un modelo transparente y con buena trazabilidad, las empresas y sus operaciones deben adaptarse. Steve New redactó un artículo de McDonalds y sus retos en la cadena de suministro moderna que fue publicado en la Harvard Business Review el febrero del 2015. Este artículo da un claro ejemplo en la industria de la alimentación, donde la empresa perdió mucha credibilidad y reputación por la desconfianza del consumidor. Se sabía que usaban productos no frescos y de dudosa calidad. Para solventar esta mala imagen, la empresa analizó y corrigió su cadena de suministros para que haya una verdadera transparencia e información respecto su producto, transmitiendo seguridad y confianza al cliente final. Funcionó, pero es un largo camino cambiar la mente de las personas y quitarles su mala reputación e imagen ante los ojos del cliente. Los usuarios finales son cada vez más exigentes acerca de los productos que compran y más con la cantidad de opciones que existen actualmente. Normalmente sus decisiones irán alineadas a sus valores, ética y creencias.
- **Confianza y reputación:** Todos los retos tratados hasta ahora tienen un punto en común, construir una cadena basada entre la confianza entre todas las partes. Compartir información y aumentar la transparencia ha demostrado que aumenta el nivel de confianza a lo largo de la supply chain. La misma confianza es la que permitirá que los objetivos y valores entre los actores vayan en la misma dirección, además de proporcionar una ventaja competitiva, dando la capacidad a las empresas de adaptarse y tomar decisiones rápidamente. Por el otro lado, la falta de confianza puede causar ineficiencias en las cadenas logísticas, ya que se pierde tiempo y dinero en sobre verificaciones, inspecciones y trabajos duplicados, como bien es mencionado en el artículo Building Relationships de la Harvard Business Review el 2003.

Una manera para generar confianza es construyendo y manteniendo una buena reputación (Kwon, I. y Suh, T., 2004). Scott Swartz mencionó en su publicación del 2014 del periódico digital Inbound Logistics que si con el tiempo los proveedores demuestran que son de confianza y sus productos son de calidad, la industria manufacturera es más probable que confíen en ellos. Del mismo modo, los proveedores se sienten más cómodos trabajando con empresas

fabricantes serias y de palabra, que no cambien de planificación a último momento.

2.2. Blockchain

2.2.1. Introducción a la tecnología Blockchain

La tecnología blockchain es una de las tecnologías en pleno desarrollo más prometedoras desde el descubrimiento del internet a principios de los años 90. Actualmente la palabra blockchain habrá sido escuchada por gran parte de la población, pero su funcionamiento y uso potencial es más desconocido. Internet nos ha permitido realizar innumerables cambios positivos en nuestras vidas. Aunque tiene serias limitaciones para los negocios y actividades económicas. The New Yorker publicó una viñeta de Peter Steiner en 1993 en la que un perro enfrente de un ordenador le dice a otro perro “En internet, nadie sabe que eres un perro”. Esta viñeta ilustra de forma cómica la realidad de que, incluso hoy en día, no podemos confiar en la verdadera identidad de la persona que se encuentra en el otro lado. Por eso, existen una serie de instituciones que median entre partes para generar esta confianza. Esto está a punto de cambiar gracias a la tecnología que se estudiará en esta investigación.

La cadena de bloques o blockchain son libros mayores digitales a prueba de manipulaciones y generalmente, dependiendo del tipo de red, esta puede ser administrada sin la figura de una autoridad central. Básicamente, permiten que una comunidad de usuarios registre transacciones dentro de una cadena o libro mayor compartido entre la comunidad, de esta manera, no se podrá alterar ningún dato una vez se haya publicado.

2.2.2. Historia y contexto

Stuart Haber y W. Scott Stornetta son dos científicos que por primera vez en la historia introdujeron el concepto de la tecnología Blockchain en 1991 para dar solución a la firma de documentos digitales con sello de tiempo para que no pudieran ser modificados o manipulados. (Binance, 2020). Stuart Haber y W. Scott Stornetta (1991) Se percataron de la necesidad de poder certificar cuando se creó y editó por última vez un documento, por ejemplo, una patente en materia de propiedad intelectual. El escenario principal que plantean para dar la solución al problema es una red distribuida de usuarios. Esta red distribuida de usuarios podría representar tanto a individuos como a empresas. Estos se identificarán como clientes y cada cliente tiene asignado un número de identificación único. Después de idear el esbozo de esta red, decidieron usar un algoritmo

criptográficamente seguro conocido como hash. La función hash convierte un input de números y letras a un output en forma de bits comprimidos y encriptados.

Aun así, esta tecnología no tuvo ninguna aplicación, expirando de este modo la patente en el año 2004.

En el 2004 un gran informático conocido como Hal Finney finalizó su proyecto relacionado con la tecnología blockchain bautizado con el nombre RPoW (Reusable Proof Of Work). El sistema estaba programado para recibir un token por ayudar en el funcionamiento del sistema a modo de recompensa. Estos tokens podrían transferirse entre los usuarios.

El gran auge de esta tecnología no llegaría hasta finales de 2008 cuando una persona o un grupo de personas bajo el seudónimo de Satoshi Nakamoto publicó el famoso whitepaper de Bitcoin. "Bitcoin es una aplicación de la tecnología blockchain con el objetivo de crear una criptomoneda o dinero electrónico capaz de ser intercambiado por los usuarios sin necesidad de intermediarios." (Nakamoto, 2009).

Satoshi Nakamoto se inspiró en Stuart Haber y W. Scott Stornetta aplicando los Merkle trees de entre otros autores. Cabe destacar que en ningún momento Satoshi citó a Hal Finney en su paper, lo cual es muy extraño, ya que el RPoW prácticamente es el precedente de bitcoin. Además, Hal Finney fue la primera persona que recibió 10 BTC como prueba piloto de la mano del famoso y desconocido Satoshi.

La clave del éxito del proyecto Bitcoin fue resolver el problema de doble gasto. Para que esto sea posible se basó en un sistema *Proof-of-Work* (PoW) en vez de basarse en la confianza actual. Se le otorga el nombre de problema de doble gasto a la acción de generar una copia de la moneda en el momento de ser transferida. De esta manera, se podrían generar monedas fraudulentas e incorporarlas en la cadena de bloques. El PoW garantiza la veracidad de las operaciones y evita manipulaciones y alteraciones de las ramas para crear una fraudulenta. Para añadir un nuevo bloque a la cadena es necesaria la aceptación del 51% de la red de forma consensuada

2.2.3. Distributed ledgers

Los libros mayores o distributed ledgers también han evolucionado a lo largo de los años. El cambio más destacado hasta el momento podría ser la digitalización de estos

haciendo posible crear, modificar, guardar y compartir estos datos registrados donde y cuando sea. Siempre y cuando tengamos acceso a internet.

Actualmente el modelo de registro de datos más popular es la base de datos o database.

“La interconexión de las bases de datos es un hecho que resulta crucial para mejorar la competitividad de muchas empresas. Esta interconexión es conocida como base de datos distribuida o distributed database.” (Silberschatz, Korth y Sudarshan, 1997).

Las bases de datos están centralizadas. Esto significa que requiere de un agente que actúe como administrador para crear, realizar labores de mantenimiento, restauración de datos perdidos, mejorar la propia base de datos, etc. Es vital confiar en la persona o empresa que administra la base de datos, ya que tiene control absoluto de nuestros datos.

Natarajan, Krause y Gradstein (2017) apuntan que distributed ledger es una distribución de base de datos con una gran diferencia entre sí, no requiere de un administrador o figura central. Esta es la innovación más importante. Todo el poder y dependencia no recae en una sola entidad, sino que recae en diversos o todos los integrantes de la red. No se puede modificar o añadir información salvo que se realice de forma consensuada entre los integrantes de la red. Para hacer posible este consenso se sigue un protocolo. Este protocolo es el encargado de validar las nuevas entradas de datos que se unen a la cadena de bloques o blockchain. Otra diferencia es que una vez los datos se han introducido en la cadena, solamente existirá una versión original y toda la red tendrá una copia completa y actualizada de toda la información encriptada. Toda la información contenida en la blockchain puede ser rastreada hasta su origen.

2.2.4. Criptografía

“La criptografía es la ciencia que estudia la escritura oculta y el arte de escribir en un lenguaje convenido mediante el uso de claves o cifras.” (Díaz, 1995).

“La criptografía, en la red blockchain, se utiliza para proteger todos los datos impidiendo que puedan ser manipulados.” (Tariq Azad, 2008).

Se utiliza una función matemática para mezclar los datos, esta recibe el nombre de función Hash. Es la encargada de recibir un input de datos y generar un output aleatorio de datos establecidos por el algoritmo.

La función hash tiene la siguiente estructura:

$$H: m\{0,1\}^* \rightarrow \{0,1\}^L$$

$$\mapsto H(m)$$

Donde L es el tamaño de la función hash y estando basada esta función en Merkle trees.

1. El mensaje M se rellena con datos aleatorios (*padding*) y se divide en L bloques de longitud M_1, \dots, M_n
2. H_0 se establece en valores iniciales;
3. De 1 a n.
4. Output $H(M)=H_n$

Stuart Haber y W. Scott Stornetta fueron de los primeros en aplicar las funciones Hash con el objetivo de poder firmar un documento certificando cuando se creó o modificó por última vez respetando la privacidad.

Para firmar un documento, la red recibe el valor hash, agrega la fecha y la hora y firma al documento enviándolo al cliente. El cliente verifica la firma y se comprueba que la solicitud se procesó correctamente y que el hash es el correcto. El uso de la función hash para convertir la información dio solución a tres de los grandes problemas que presentaba inicialmente el modelo planteado por Stuart Haber y W. Scott Stornetta, la privacidad, el almacenamiento y la incompatibilidad de formatos. (Haber y Scott Stornetta, 1991). “El valor hash es la representación numérica encriptada basada en los datos introducidos.” (Tariq Azad, 2008).

A esta función se le suma la implementación de la criptografía asimétrica, también conocida como Public Key Cryptography. “La criptografía asimétrica dota de una clave pública y otra privada al usuario.” (Anthony Piltzecker, 2008).

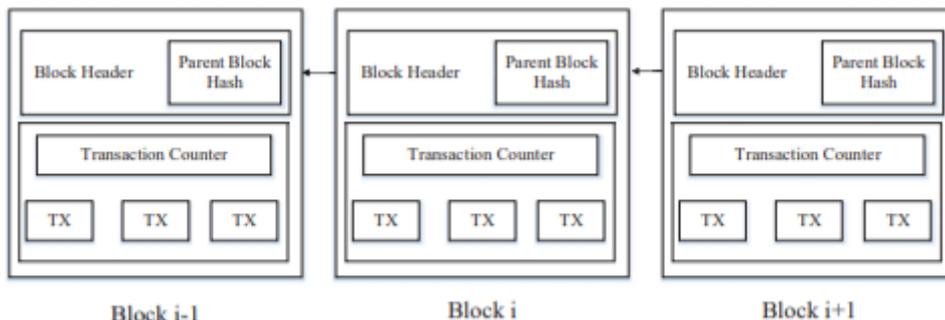
Estas claves son utilizadas para convertir, por ejemplo, un texto sin formato en un texto encriptado. Una clave es utilizada para encriptar y sólo puede descifrarse mediante otra clave coincidente. (Tariq Azad, 2008).

Para firmar documentos o transacciones se utiliza private key. La private key bajo ningún concepto debe de ser mostrada al público. Una vez el documento o transacción es firmada con la clave privada se distribuye por toda la red. Se podrá acceder al

documento firmado mediante la clave pública que será la necesaria para la descryptación de la transacción en cuestión. (Chen, 2018).

2.2.5. Arquitectura

Imágen 2 Ejemplo de una cadena de bloques.

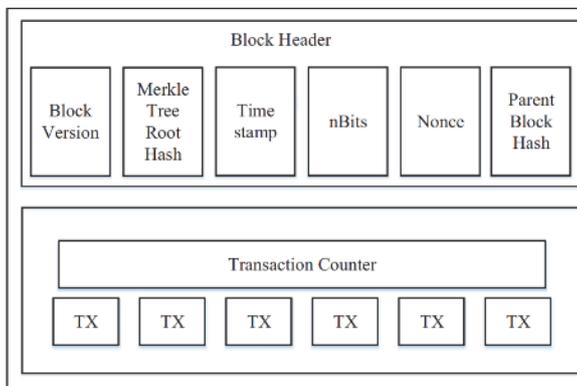


Fuente: 2017 IEEE 6th International Congress on Big Data

Blockchain es una secuencia de bloques que contienen y almacenan una serie de datos. Estos bloques tienen un funcionamiento similar a otros métodos de almacenamiento de datos ya conocidos. (Zheng, 2017)

Sin embargo, como bien dice el propio nombre, blockchain es una cadena de bloques. Esta cadena de bloques se forma con distintos bloques agrupados sucesivamente en los que se van almacenando parte de los datos del anterior en lo que conocemos como Parent Block. El primer bloque de la cadena es conocido como Genesis Block. (Zheng, 2017).

Imágen 3 Estructura del bloque.



Fuente: 2017 IEEE 6th International Congress on Big Data

El *Block Header* contiene la siguiente información:

- *Block Version*: Indica que reglas ha de seguir para la validación del bloque.
- *Merkle Tree Root Hash*: Muestra el valor hash de todas las transacciones registradas dentro del bloque.
- *Timestamp*: Fecha y hora de la generación del hash.
- *nBits*: Umbral objetivo de un hash válido.
- *Nonce*: En esta casilla se refleja un valor que aumenta por cada cálculo de hash, comenzando por el valor 0.
- *Parent Block*: Valor hash de 256 bits provenientes del bloque anterior.

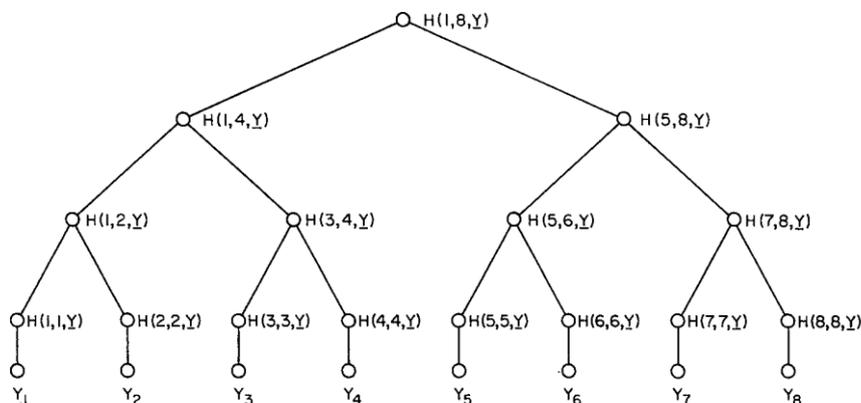
El *Block Body* está compuesto por el número de transacciones y su valor. Dependiendo del tamaño del bloque, este podrá contener más números de transacciones o menos. Para validar autenticación de las transacciones, blockchain usa un mecanismo de criptografía asimétrica, la firma digital. (Chen, 2018).

2.2.6. Merkle tree

El concepto de Merkle Tree es un método para estructurar los datos. Esta estructura permite verificar una gran cantidad de datos de forma rápida y eficiente. Ralph Merkle introdujo este concepto por primera vez en su paper publicado en el año 1979 titulado "A Certified Digital Signature". (Merkle, 1990).

Los bloques se almacenan en una estructura de datos multinivel. Esta estructura es el factor clave para el minado. Tiene un comportamiento donde la parte inferior del árbol contiene las transacciones hash. Los nodos intermedios contienen el hash de los dos nodos anteriores y así consecutivamente hasta llegar a la raíz. La ventaja de utilizar esta estructura es que cualquier nodo puede comprobar la información registrada y su trasfondo histórico. (Lim, Fotsing, Almasri, Musa, Kiah, Ang y Ismail, 2018).

Imágen 4 Cryptographic apparatus and method, Diffie Bailey W, Hellman Martin E, Merkle Ralph C



Fuente: Espacenet Patent search.

2.2.7. Tipología de cadenas

Actualmente, como mencionan Lim et al. (2018), los modelos de blockchain se dividen en redes públicas o *permissionless*, redes privadas o *permissioned* y redes híbridas o de consorcio.

- Blockchain pública: Son accesibles para todo el mundo, no se necesita autorización para participar. Se es libre de participar en el mecanismo de consenso. Este consenso se ultima sin necesidad de una autoridad central reguladora, es por esto por lo que se considera descentralizada. Los usuarios guardan una copia del libro mayor o *ledger*. De este modo, en el momento de tomar una decisión de consenso todos los participantes podrán revisar el histórico.
- Blockchain privada: El acceso está limitado a aquellos usuarios o organizaciones que han decidido compartir sus datos entre ellos. El propietario de la cadena de bloques tiene el poder de realizar cambios en la cadena, en el consenso no participan los demás usuarios. Este sistema no dista demasiado de las propiedades y características que nos pueden proporcionar los otros sistemas alternativos de gestión de datos.

- **Blockchain de consorcio:** Esta red es un híbrido entre la pública y la privada. El acceso a la red puede ser tanto pública como privada, dependiendo de la programación de esta. El consenso es determinado por un grupo de participantes preseleccionados que actúan como nodos. La red de consorcio es considerada una red parcialmente centralizada.

En la siguiente tabla (1) se puede observar de manera esquemática y resumida las diferencias entre las principales propiedades o características de cada tipología de red.

Tabla 1 Principales características de los distintos modelos de cadenas de bloques.

Property	Public blockchain	Consortium blockchain	Private blockchain
Consensus determination	All miners	Selected set of nodes	One organization
Read permission	Public	Could be public or restricted	Could be public or restricted
Immutability	Nearly impossible to tamper	Could be tampered	Could be tampered
Efficiency	Low	High	High
Centralised	No	Partial	Yes
Consensus process	Permissionless	Permissioned	Permissioned

Fuente: 6th IEEE International Congress on Big Data

La cadena de bloques se va formando bloque a bloque. Para que uno de estos bloques se pueda agregar a la cadena, este ha de ser aceptado por los integrantes de la red o

los usuarios que tengan el permiso. Los mineros son los encargados de completar el *Proof of Work*. (Lim et al., 2018).

Los contratos inteligentes o *smart contracts* ejecutados en una red blockchain pública generan mucho valor añadido ya que se puede revisar el código fuente de un *smart contract*. Esto hace que la transparencia aún sea mayor. Los contratos inteligentes pueden ser revisables y auditables con el fin de comprobar que fue escrito y programado de una manera justa.

En cambio, en una red blockchain privada o *permissioned* se puede controlar qué información se quiere compartir. Aun así, una red de estas características tiene muchos beneficios. La información que sea compartida estará en un entorno seguro. Principalmente no hay que tener preocupaciones a largo plazo de si la empresa que se encarga de alojar nuestros datos tenga una falla en su seguridad o simplemente que quiebre.

2.2.8. Algoritmo de consenso

El algoritmo de consenso establece unas instrucciones a seguir para que un nuevo bloque sea aceptado en la red. Los mineros son los encargados de seguir estas instrucciones y utilizar los recursos necesarios: tiempo, electricidad y rendimiento computacional. Estas instrucciones se pueden basar principalmente en estos dos modelos, aunque existen otros.

- **Proof of Work:** El algoritmo se fundamenta en el cálculo de funciones hash. Se calcula de manera aleatoria hasta dar con la solución del problema matemático. (Lim et al., 2018).
Este problema matemático tiene como finalidad encontrar un valor nonce que dé como resultado un valor hash que empiece por cuatro ceros. Una vez el bloque minado empiece con un hash de cuatro ceros será considerado lo suficientemente seguro como para agregarlo a la cadena. (Nakamoto, 2009). Todos los nodos mineros intentan resolver un problema matemático a la vez, esto genera un gran consumo de electricidad por lo que este sistema no es demasiado eficiente, pero si seguro. (Lim et al., 2018).

- **Proof of Stake:** El algoritmo escoge de manera aleatoria que nodo será el próximo en forjar o crear un nuevo bloque. Posteriormente el resto de los nodos

validará el bloque y se tomará la decisión agregarlo o no a la red. Los nodos realizan una apuesta, la apuesta se basa en la participación. Este algoritmo tiene como característica que a más participación o mayor sea la apuesta mayor será la probabilidad de ser elegido como el nodo que creará el próximo bloque. Si se intenta forjar un bloque o validar un bloque fraudulento comportará una penalización perdiendo la participación o apuesta realizada previamente. Este modelo comporta ventajas como la reducción del uso de energía eléctrica, pero también desventajas como que aquellos que tengan más participaciones en una red tengan más probabilidades de poder acceder a recompensas. (Lim et al., 2018).

2.2.9. Smart Contracts

El contrato inteligente es un acuerdo entre diferentes partes o actores firmado de manera digital. El contrato inteligente es desarrollado por un tercer agente, el cual puede codificar y ejecutar el código cuando haya un acuerdo entre las partes interesadas. (Saunders y Cornett, 2019).

Los contratos inteligentes basados en la tecnología blockchain se pueden ejecutar de forma automática y a bajo coste, optimizando el tiempo y dinero de las partes implicadas dada la ausencia de una tercera parte mediadora. (Buterin, 2014).

Los contratos inteligentes ya se están aplicando en casos reales como el de Hyperledger o Port of Rotterdam. Estos casos se explicarán en el apartado **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Ferran Vilar, en su trabajo de investigación de final de grado, recoge una serie de beneficios derivados de los contratos inteligentes:

- Rapidez y actualizaciones en tiempo real: Un sistema de actualización automática sustituirá una actividad que hasta ahora era manual.
- Precisión: Dada a la exención de la intervención humana las transacciones y otras aplicaciones serán más precisas y menos expuestas a fallos o errores.
- Menor riesgos: Los contratos no se podrán manipular ya que está regulado por un código que está distribuido en la red y no es dependiente de un solo individuo, sino de todo el sistema.

- Menos intermediarios: Para desarrollar el contrato es necesaria la acción de un desarrollador, pero no de agentes mediadores que brinden de confianza a la acción.
- Menor coste: Como los agentes intermediarios tradicionales son prescindibles esto significa un menor coste para ambas partes.

En resumen, los contratos inteligentes persiguen una mejora continua en los procesos comerciales e información útil para la mejora del diseño de la SC en tiempo real con entregas automatizadas y métodos de pago sin intermediarios (Saberri et al., 2019).

2.3. Mejoras de Blockchain en la cadena de suministros

La aplicación de la tecnología blockchain en la cadena de suministros tiene presencia tanto en aspectos digitales o abstractos, como en los físicos. No obstante, la tecnología estudiada requiere de otras herramientas y tecnologías como la internet de las cosas (IoT) para optimizar y funcionamiento y explotar sus posibilidades. (Christidis y Devetsikiotis, 2016).

Una de las herramientas más utilizadas en la cadena de suministros son los dispositivos de identificación por radiofrecuencia (RFID). Los RFIDs son sistemas que contienen información y mediante campos radio magnéticos permite identificar y leer esta información a una pequeña distancia. (R. Want, 2006).

Algunos de estos elementos como el RFID y otros dispositivos de la IoT, nutren de información a las plataformas o sistemas de IoT de las empresas. Mantener estos sistemas operativos suponen un alto coste para las empresas (Christidis y Devetsikiotis, 2016) y suponen un riesgo en la seguridad de la información. Con la tecnología blockchain, se reducirían estos costes y la información se podría compartir con los actores implicados autorizados sin necesidad de tener un sistema informático en común. (Dickson, 2016).

La IoT junto con la tecnología blockchain y los contratos inteligentes pueden facilitar las transacciones y pagos a los proveedores. (Mehrdokht Pournader, Yangyan Shi, Stefan Seuring y S.C. Lenny Koh, 2020) Por ejemplo, al recepcionar una carga con un dispositivo de seguimiento RFID, conectado a una red blockchain en almacén y realizar las diferentes comprobaciones de unidades y calidad acordadas, se liberaría el pago directamente de comprador a proveedor.

Este mero ejemplo abre el camino a cómo podría mejorar la cadena de suministros aplicando a esta tecnología.

Atendiendo a los principales retos de la cadena de suministros del apartado **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, blockchain incide dando una posible mejora en estos. Blockchain puede reducir la complejidad de la cadena de suministros, mejorar la transparencia y confianza entre los actores, así mismo, agilizar la cadena y solidificar las relaciones comerciales (Saberri et al., 2019). Para ello, se comentará los principales conceptos.

- La **Trazabilidad** es una característica y una necesidad que tienen las cadenas de suministro con urgencia. Algunos de los sectores que pueden verse más afectados son: agricultura, farmacéutico y productos de alto valor o lujo (Saberri et al., 2019).

El flujo de materiales y productos dentro de una BC puede generar más seguridad y recoger datos. Se puede restringir el acceso a estos datos mediante una clave (Saberri et al., 2019).

La tecnología Blockchain permite rastrear productos, monitorizar la calidad con precisión, identificar transacciones adicionales. Esto puede ayudar a reducir el reproceso y retirada del producto y disminuir las emisiones de gases. En el aspecto medioambiental. También se puede garantizar que los productos ecológicos sean respetuosos con el medio ambiente. Puede ayudar a mejorar el reciclaje.” (Saberri et al., 2019).

- La **Seguridad** y la **Transparencia** de las operaciones se ven afectadas positivamente porque las transacciones se comparten a través de la red junto con cualquier información útil, lo que permite que estén todos los actores informados. Al mismo tiempo, esto conlleva un aumento de la confianza entre las partes (Y. Chen, 2018).

En situaciones adversas y repentinas, la tecnología blockchain puede facilitar estrategias basadas en la resiliencia, y a partir de la colaboración generar más agilidad, velocidad y visibilidad en toda la cadena de suministros y sus puntos críticos (Lohmer, 2020).

Esta tecnología proporciona a las partes interesadas datos e información confiables, seguros y transparentes, y otras características que agregar valor a

las actividades, recursos, materiales, productos y procesos de la cadena de suministro (Saber et al., 2019).

Debido a la crisis del COVID-19, se ha visto claramente como las cadenas de suministro tienen mucho a mejorar. Blockchain puede ayudar a mejorar la resiliencia en la supply chain, pero se requiere de un intercambio de datos transparente y confiable entre los diferentes socios (Narayan y Tidstrom, 2020).

2.4. Principales barreras

La implementación de la tecnología blockchain en la cadena de suministros presenta una serie de barreras. Saber et al., (2019) estudian estas barreras en su artículo científico titulado “Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management”.

- Barreras intraorganizacionales:

Las principales barreras intraorganizacionales que impiden la correcta implementación de la blockchain en la cadena de suministros están relacionadas con la mentalidad de las personas, sobre todo, de los altos cargos de la empresa, los cuales deben de aceptar realizar una inversión en nueva tecnología y sistemas de captación de información y cambiar los valores de la empresa hacia un futuro sostenible y con transparencia.

1. Restricciones financieras.
2. Falta de compromiso y apoyo de la dirección.
3. Falta de nuevas políticas organizativas para el uso de la tecnología.
4. Falta de conocimiento y experiencia.
5. Dificultad para cambiar la cultura organizacional.
6. Dudas a la hora de realizar cambios de sistema.
7. Falta de herramientas aplicables a la SC.

- Barreras interorganizacionales:

1. Falta de conciencia y tendencia de los clientes sobre la sostenibilidad y la tecnología blockchain.

2. Problemas en la colaboración, comunicación y coordinación en la cadena de suministro.
 3. Desafío de la política de divulgación de información entre socios de la cadena de suministro.
 4. Desafío en la integración de prácticas sostenibles y tecnología blockchain a través de la gestión de la cadena de suministro.
 5. Diferencias culturales de los socios de la cadena de suministro
- Barreras del sistema tecnológico:
1. Acceso a la tecnología.
 2. Indecisión para adoptar la tecnología blockchain, debido a la percepción pública negativa.
 3. Desafío de inmutabilidad de la tecnología blockchain. (La inmutabilidad se puede definir como la capacidad de un libro mayor de blockchain para permanecer sin cambios, para que un blockchain permanezca inalterado e indeleble. De manera más sucinta, los datos de la cadena de bloques no se pueden modificar.)
 4. Inmadurez de la tecnología blockchain.
- Barreras externas:
1. Falta de políticas gubernamentales.
 2. Competencia e incertidumbre del mercado.
 3. Falta de participación de las partes interesadas externas.
 4. Falta de compromiso de la industria en prácticas éticas y sostenibles.
 5. Falta de programas de estímulos y recompensas.

2.5. Aplicaciones actuales: Casos de éxito

Son muchas las empresas que ofrecen sus servicios de Blockchain y demás tecnologías

4.0. La información y los datos son de vital importancia para ser competitivo en un mercado tan globalizado como el actual. A través de su aplicación, grandes navieras del calibre de Maersk o puertos tales como el de Rotterdam ya han puesto en marcha iniciativas pioneras en el sector. Se espera que dentro de poco la tecnología vaya

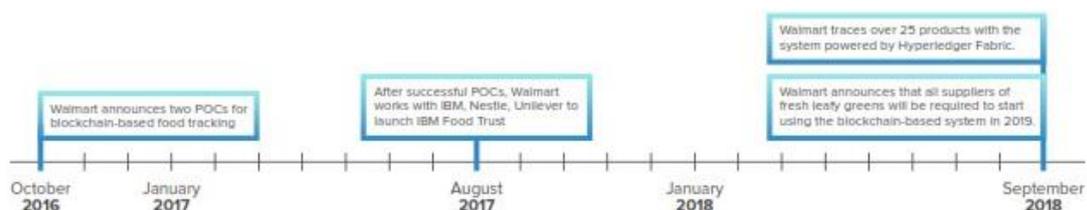
adquiriendo nuevos usuarios y que vaya escalando, aumentando su seguridad al alargar la cadena de bloques, habiendo cada vez más empresas que puedan beneficiarse de esta y demás tecnologías de la información.

La falta de conocimiento y confianza por parte de los actores del comercio internacional, tanto públicos como privados, frenan un poco el crecimiento e implementación de blockchain y las nuevas tecnologías. Es cuestión de integrar cada vez más empresas, de todos los tamaños y alcance. Sobre todo, es importante destacar que las grandes empresas generan más confianza, y a su vez dan la visibilidad que requiere esta tecnología a toda su red de clientes, proveedores y colaboradores.

2.5.1. Walmart y Hyperledger

Walmart es un importante *retailer* de Norte América y la parte interesada en aplicar un sistema de trazabilidad en sus cadenas alimentarias. Para lograrlo, solicitó a la empresa Hiperledger Fabric sus servicios, basados en diseñar soluciones y aplicaciones con una arquitectura modular. Gracias a su tecnología, Hyperledger permite que tanto los componentes, como los servicios de consenso y membresía, sean *plug-and-play*. Su diseño modular y versátil satisface una amplia gama de casos de uso de la industria. Ofreciendo un enfoque único de consenso que permite el rendimiento a gran escala al tiempo que preserva la privacidad.

Imágen 5 Antecedentes de Walmart con el uso de la tecnología blockchain



Fuente: Hyperledger

Hyperledger es un proyecto colaborativo de código abierto, una colaboración global que incluye líderes en banca, finanzas, Internet de las cosas, fabricación, cadena de suministro y tecnología. La Fundación Linux aloja Hyperledger bajo la base.

Cuando se da un brote de una enfermedad transmitida por los alimentos, encontrar el origen puede ser muy complicado, demorándose días e incluso semanas. A partir de la

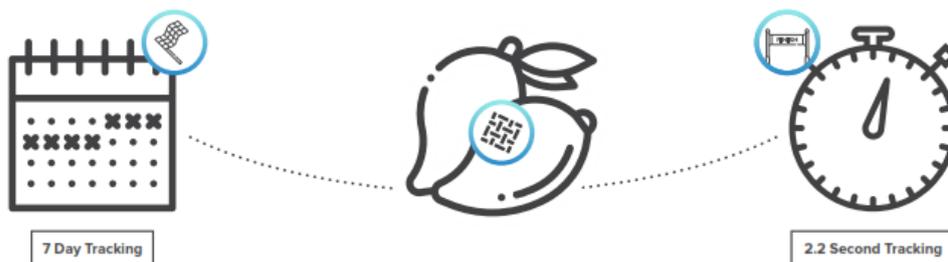
trazabilidad de estos alimentos se podría actuar de una manera más resiliente y anticipativa protegiendo el sector primario.

Para probar esta hipótesis, la empresa usó un sistema de cadena de bloques para localizar los alimentos, en concreto basado en Hyperledger Fabric. Este proyecto basado en cadenas de bloques de código abierto y herramientas relacionadas fue iniciado en diciembre de 2015 por la Fundación Linux. Ha colaborado con IBM, Intel y SAP, contribuyendo al desarrollo colaborativo basado en cadenas de bloques. Hyperledger Fabric incluye componentes como servicios de membresía, servicios de consenso y el poder gestionar Smart Contracts.

Walmart, junto con su socio tecnológico IBM, desarrollaron dos proyectos de prueba de concepto para probar el sistema. Uno de ellos se centra en el rastreo de los mangos vendidos en las tiendas de Walmart en EE. UU. El otro tenía como objetivo rastrear la carne de cerdo que vendían en China.

El sistema de trazabilidad de alimentos basado en Blockchain Hyperledger fue todo un éxito. Para carne de cerdo en China, permitió subir certificados de autenticidad a la cadena de bloques, dando más confianza a un sistema donde esta casuística acostumbraba a ser un problema grave. Por otro lado, el tiempo necesario para rastrear la procedencia de los mangos en los EE. UU., pasó de 7 días a 2 segundos.

Imagen 6 Foods Walmart is Tracking with Hyperledger



Fuente: Hyperledger

Walmart ahora puede rastrear el origen de más de 25 productos de 5 proveedores diferentes utilizando un sistema impulsado mediante Hyperledger. La compañía planea implementar el sistema en más productos y categorías en el futuro. Además, recientemente ha anunciado que comenzará a exigir a todos sus proveedores de

verduras de hoja verde frescas (como ensalada y espinacas) para rastrear sus productos usando el sistema.

2.5.2. Port of Rotterdam

Hoy en día, el puerto de Rotterdam está adoptando la tecnología blockchain para fortalecer su centro inteligente logístico y marítimo.

A continuación, se detalla la situación actual del puerto de Rotterdam respecto a la implementación de blockchain, además de los principales retos y objetivos.

Según Martijn Thijssen, encargado de la estrategia digital, transformación y desarrollo empresarial del puerto de Rotterdam: *“Son las primeras etapas y hay desafíos que resolver. Pero vemos múltiples usos para la tecnología blockchain y el potencial de impacto es enorme. La ambición de Rotterdam es ser el puerto más inteligente del mundo y vemos esta tecnología como clave para la optimización de la cadena de suministro y la sostenibilidad energética”*.

Estamos hablando del Puerto de Rotterdam, punto logístico clave para el transporte marítimo e intermodal de mercancías.

El puerto de Rotterdam está liderando la revolución logística global y así lo afirma Martijn Thijssen: *“Rotterdam ha sido durante mucho tiempo un pionero en innovación y colaboración digital”, Todo nuestro ecosistema se basa en estar un paso por delante. Queremos ser líderes en infraestructura digital y física, y para lograrlo necesitamos co-crear con nuestros socios y convertirnos en un puerto inteligente conectado globalmente. El enfoque de Rotterdam en la innovación nos coloca en una posición ideal para poder colaborar y facilitar en toda la cadena de suministro global ”*.

El sector portuario depende en gran medida de la confianza, la transparencia y la seguridad. *“A pesar de los aumentos masivos en el volumen del comercio internacional en los últimos 50 años, la mayor parte todavía se ejecuta en documentos que se remontan al siglo XIV”*, explica Aljosja Beije, líder de logística y tecnología en BlockLab y coautor de Blockchain y la cadena de suministro: conceptos, estrategias y aplicaciones prácticas. *“Hemos digitalizado, pero, hasta ahora, no lo hemos automatizado. Ahí es donde blockchain tendrá un gran impacto”*.

La falta de confianza y la interconectividad son los principales factores detrás de los altos costes del transporte internacional. Cada organización a lo largo de la cadena de suministro tiene sus propios sistemas que involucran enormes cantidades de papeleo, un solo envío implica más de 130 páginas de documentos. Aunque la digitalización ha aportado algunas mejoras en ese aspecto, aún hay un exceso de documentación, retrasos y falta de interconectividad. Las empresas todavía operan con sistemas administrativos muy básicos, con los cuales rastrear un solo producto puede tardar semanas. Un único número de orden de compra de principio a fin se escribe más de 100 veces en correos, sistemas y documentos. Por si no fuera poco, un promedio de 28 partes está involucradas en el transporte internacional de contenedores marítimos. Se estima que estos intercambian datos unas 200 veces para garantizar la ETA del contenedor.

Según el mismo puerto de Rotterdam, mediante la aplicación de blockchain se podrían solventar estos y otros problemas, además de lograr ser más eficientes económica y medioambientalmente. No solo simplificaría procesos, también mejora los niveles de confianza, ya que manipular o eliminar datos con blockchain es prácticamente imposible. Sería un habilitador para el intercambio de datos seguro, controlado y escalable en todo el sector logístico y marítimo. Permitiría el movimiento flexible, seguro y simultáneo de bienes, dinero y flujos de información, de manera que se reducirían los costes. Además, permitiría rastrear y monitorear el contenido (a menudo perecedero) de los contenedores marítimos, reducir los costes administrativos y mejorar la trazabilidad. El coste de la documentación necesaria para procesar y administrar las mercancías representa de media una quinta parte de los costes de transporte físico. Según el Foro Económico Mundial “la reducción de barreras ayudaría al comercio mundial en 1 billón de dólares para los próximos 10 años”.

Imágen 7 Ineficiencias en la logística.



Fuente: Deliver

Des del puerto de Rotterdam, afirman que Blockchain disrumpirá y tendrá un impacto positivo y transformador para toda la industria del *shipping*. Esta tecnología ya está comenzando a permitir la colaboración intersectorial, la automatización de procesos y los *Smart Contracts* para impuestos, seguros, aduanas y pagos.

Por otro lado, a partir del BlockLab de Smart industries se estudia esta tecnología. BlockLab es un ecosistema de innovación regional cofundado por el puerto de Rotterdam y la ciudad de Rotterdam. Como laboratorio de campo de Smart Industries, su función es poner en práctica, estudiar y analizar la tecnología blockchain.

BlockLab se asoció con el puerto de Rotterdam, ABN AMRO y Samsung SDS para desarrollar DELIVER. Una plataforma pionera de gestión de la cadena de suministro impulsada por blockchain.

“Lo que hemos creado conjuntamente con DELIVER”, explica Eric-Jan Iding, director de marketing de Samsung SDS, “es una plataforma industrial abierta y neutral que optimiza la cadena de suministro tanto física como financiera. DELIVER soluciona el problema de confianza y transparencia de la cadena de suministro al permitir un intercambio de información más transparente, eficiente, predecible y seguro. Realiza un seguimiento de los pedidos, los envíos y las finanzas en tiempo real, mejora el intercambio de datos, reduce el riesgo y mejora la interoperabilidad”.

En julio de 2019, dos contenedores de Corea del Sur llegaron al almacén de Samsung SDS en Tilburg, Países Bajos, a través del puerto de Rotterdam. *“El envío se realizó sin papeles, se financió al instante y se realizó un seguimiento puerta a puerta mediante DELIVER”*, dice Martijn Thijsen

Mediante el éxito de este proyecto, se ha demostrado que blockchain puede hacer más transparentes y eficientes las cadenas de suministros, además de reducir en enormes cantidades los costes. Pero estos contenedores fueron solo prueba piloto. *“Estamos desarrollando funcionalidades y capacidades adicionales para la plataforma”*, explica Aljosa.

“Ahora estamos ampliando los pilotos DELIVER con empresas externas en varias rutas comerciales”, dice Eric-Jan. *“En última instancia, nuestro objetivo es facilitar la transparencia, eliminar las barreras a la confianza y reinventar el comercio mundial”*.

Junto con S&P Global Platts, BlockLab también está creando una plataforma que coordina la oferta y la demanda de energía. En el innovation Dock del puerto de Rotterdam, donde la Autoridad Portuaria tiene sus medidores de energía inteligentes. Lo más importante es que las empresas ganen confianza en esta tecnología y que esta pueda ser escalable.

2.5.3. IBM & Mearsk: Plataforma tradelens

En enero el año 2018, las empresas Maersk e IBM se juntaron para desarrollar e implementar una plataforma blockchain llamada Tradelens. El objetivo de esta es aportar más eficiencia y seguridad en todos los procesos de la cadena, ofreciendo servicios de integración, entre otros.

Imágen 8 Coste de la globalización en logística.



Fuente: IBM

Beneficios de la plataforma

El objetivo de la Plataforma TRADELENS es conectar y generar beneficios al ecosistema de la cadena de suministro. Una red global de corredores marítimos interconectados que unen los puertos y terminales, las autoridades aduaneras, las líneas navieras, la logística de terceros (3PL), el transporte terrestre, los cargadores y otros actores, todo en conjunto.

Proporciona visibilidad de la cadena de suministro de un extremo a otro. Permitir el intercambio en tiempo real de los eventos y documentos originales de la cadena de suministro. Cada participante puede ver el progreso de los bienes; la ubicación de un contenedor, el estado de los documentos aduaneros o ver los conocimientos de embarque, entre muchos otros datos.

Además, todas las partes pueden transferir el título y transmitir los documentos en tiempo real y de forma encriptada, pero nadie puede modificarlo, eliminarlo o incluso adjuntar ningún registro sin el consenso de del resto de la red blockchain.

Pilot Shipments

Un envío de mercancías en su camino desde el origen hasta el destino puede pasar por hasta 30 personas y organizaciones, incluidas más de 200 interacciones y comunicaciones diferentes entre ellas. Los costes de procesamiento y administración de la documentación representan hasta una quinta parte del coste total de transporte. Además, la burocracia y el papeleo puede retrasarse o perderse. Todas las partes necesitan una forma más rápida, segura y eficiente de manejar los procesos de documentación.

Un ejemplo práctico es la empresa Schneider Electric, quién envió contenedores en un buque portacontenedores de Maersk Line desde Rotterdam a Newark en el marco de un proyecto de investigación de la UE con la Administración de Aduanas de los Países Bajos y Damco (empresa soluciones de cadena de suministro de Maersk), que apoya las actividades de gestión de origen. La Dirección de Ciencia y Tecnología del Departamento de Seguridad Nacional de EE. UU. Y la Oficina de Aduanas y Protección Fronteriza de EE. UU. También participaron en este piloto. Los envíos de flores a Royal Flora, Holland desde Kenia, mandarinas desde California y piñas desde Colombia

también se utilizaron para validar la solución para los envíos que llegan al Puerto de Rotterdam.

2.5.4. CMA-CGM y MSC

Posteriormente a la unión de IBM y Maersk para poner en marcha la plataforma Tradelens, las navieras CMA-CGM y MSC se han sumado a la digitalización de la cadena de suministros mediante tecnología Blockchain. Esto implica un gran avance no solo para Tradelens, sino para todos los actores de la supply chain estén o no integrados aún a la plataforma. Cuánta más información y datos, cuántos más actores unidos a la cadena de bloques, más seguridad y fiabilidad brindará esta y los beneficios serán superiores.

A continuación, se describirá la actividad y las principales características de las empresas involucradas en este proyecto, tanto los desarrolladores de la plataforma, sus clientes y diferentes partes implicadas en el comercio internacional de mercancías.

En cuanto a objetivos, la empresa pública en su página web los nombrados a continuación:

- Conectar el ecosistema
- Fomentar la colaboración y la confianza
- Compartir información y datos fiables
- Innovación

CMA CGM y MSC operarán un nodo de la cadena de bloques, participando en el consenso para validar transacciones, alojar datos y actuar como validadores para la red. Estas dos navieras estarán en la Junta Asesora de TradeLens, que incluirá miembros de toda la cadena de suministro para asesorar sobre los estándares.

Con CMA CGM, MSC, Maersk y otros carriers comprometidos con la plataforma, los datos de casi la mitad de la carga de contenedores marítimos del mundo estarán disponibles en TradeLens. La incorporación de estas navieras servirá para dar mejor imagen de la empresa y ayudar a promover el comercio mundial.

Tradelens tiene unos 100 participantes y está procesando más de 10 millones de envíos y miles de documentos cada semana, afirmando que están «brindando a embarcadores, transportistas, agentes de carga, funcionarios de aduanas, autoridades portuarias,

proveedores de transporte terrestre y otros» una visión común de las transacciones, que puede generar confianza.

Altos cargos de las empresas implicadas (shippers, carriers etc.) en esta integración a Tradelens, dan su opinión profesional sobre la decisión de apostar por Blockchain:

“Colaborar digitalmente entre empresas es indispensable y un factor clave para la industria del transporte de contenedores. Servirá para impulsar las cadenas de suministros y empezar a colaborar más en estándares comunes”, dijo André Simha, director de Información y Digitalización de MSC. “Creemos que la Junta Asesora de TradeLens, así como los organismos de normalización como la Asociación de envío de contenedores digitales, ayudarán a acelerar ese esfuerzo”.

Rajesh Krishnamurthy, vicepresidente ejecutivo de TI y transformaciones en CMA CGM, dijo: “Creemos que TradeLens, con su compromiso con los estándares y la gobernanza abiertos, es una plataforma clave para ayudar a introducir la transformación digital. La red de TradeLens ya está mostrando que los participantes de toda la cadena de suministro pueden obtener un valor significativo”.

Cargadores y *shippers* de primera talla como P&G también se han sumado a la iniciativa digital TradeLens. Su directora de compras globales de logística en Procter and Gamble, Michelle Eggers, comentó lo siguiente:

“P&G envía un volumen significativo de contenedores marítimos cada año. Ya sea que estén llenos de nuestros productos o de los materiales utilizados en la producción, comprender el estado de nuestros contenedores nos ayuda a administrar una cadena de suministro eficiente”.

Por ahora mayoritariamente estamos hablando de navieras y grandes corporaciones. Pero no basta con que solo una parte de la cadena este integrada a TradeLens, sino que los demás actores que conforman toda la cadena se unan a la plataforma para que esta aumente exponencialmente en fiabilidad, transparencia y seguridad.

“Si bien la participación de los operadores es fundamental, es importante tener en cuenta que la plataforma TradeLens se basa en la participación de todo el ecosistema de la cadena de suministro”, dijo Vincent Clerc, director comercial de A.P. Moller - Maersk. “Aumentar la facilidad de hacer negocios para nuestros clientes y brindar

visibilidad a lo largo del viaje del contenedor es el centro de la estrategia de Maersk. Y TradeLens tiene que ver con eso en su objetivo de transformar la industria de la cadena de suministro y proporcionar valor a todos los actores, desde transitarios hasta operadores de puertos y terminales y proveedores de transporte interior, aduanas y otras agencias gubernamentales y, en última instancia, a los propios clientes.

La falta de conocimiento de estas tecnologías y sus posibilidades por parte de los actores supone uno de los principales inconvenientes actualmente. Estas grandes navieras y empresas que recientemente se están integrando a la plataforma, informarán y harán formación a sus *stakeholders* para promocionar la plataforma y que cuantas más partes de la cadena se integren, mejor para todos.

2.6. Conclusiones marco teórico

Tras la investigación científica recogida en el marco teórico, se extraen las siguientes conclusiones:

- La cadena de suministros destaca por su complejidad y por la cantidad de información que fluye y se transmite entre los diferentes actores. Este aumento de la información, también conocida como *big data*, ha generado una disrupción tecnológica (Goldsby y Zinn, 2016) por las nuevas necesidades de estos actores.
- La planificación de la demanda, la gestión de inventarios, el intercambio de información, la trazabilidad, la gestión de riesgos, la transparencia y la confianza entre las partes son los principales retos a los que tiene que hacer frente la cadena de suministros.
- La tecnología blockchain es una tecnología que está en pleno desarrollo. Se debe entender su funcionamiento, tanto la distribución de los bloques dentro de la cadena, como su arquitectura, los diferentes modelos existentes y sus diferentes algoritmos para poder comprender como esta tecnología puede ser segura y transparente. Además, los contratos inteligentes pueden automatizar procesos (Buterin, 2014), aumentar la rapidez y precisión de las operaciones, así mismo, disminuir los riesgos e intermediarios dando lugar a una reducción de los costes dentro de la cadena de suministros.
- La tecnología blockchain puede mejorar la cadena de suministros tal como se conoce hoy en día. Esta tecnología permite rastrear productos, monitorizar la calidad de estos con precisión e identificar transacciones adicionales (Saberli et

al., 2019); la trazabilidad de la cadena de suministros es un factor clave para evitar reprocesos, retiradas de productos, disminuir emisiones de gases y mejorar el reciclaje.

- Esta tecnología proporciona a las partes interesadas datos e información confiables, seguros y transparentes, agregando valor a la cadena de suministro (Saberí et al., 2019). En situaciones adversas y repentinas, Blockchain permite solucionar problemas evidentes identificados por la naturaleza y razón de ser de la supply chain.
- Aplicar esta tecnología en la cadena de suministros no es sencillo. Hay numerosas barreras y se deben de tener en cuenta.
- Actualmente grandes empresas están investigando y llevando a cabo proyectos aplicando la tecnología blockchain como son el caso de Walmart y Hiperledger, Procter & Gamble, IBM y Mearsk, entre muchas otras.

Sería positivo aprovechar la tecnología para proporcionar una base de datos accesible a nivel global donde los diferentes actores de la cadena pueden identificar bien todas las partes. Integrar sistemas informáticos entre empresas también incentivará a las organizaciones para mejorar sus estándares constantemente o arriesgarse a quedarse atrás.

3. Objetivos e hipótesis

El objetivo **principal** del presente trabajo de final de grado es analizar y estudiar la tecnología Blockchain, evaluando su actual uso y aceptación en la logística y el nivel de integración con las actuales cadenas de suministro.

Los objetivos **secundarios** son los siguientes:

- Recopilar datos e información que aporten valor al estudio a partir del análisis y revisión de literatura científica sobre el tema tratado (*papers*, revistas, artículos, libros).
- Mediante formulario de Google Forms, recopilar datos sobre el actual uso y aceptación de Blockchain en la cadena de suministros. El público objetivo son profesionales de la supply chain mediante encuesta basada en el método de investigación cualitativo.

Hipótesis y preguntas de investigación.

Las hipótesis de investigación están diseñadas en base al modelo UTAUT (teoría unificada de aceptación y uso de la tecnología), siendo este el modelo para estudiar la aceptación y uso de blockchain en la cadena de suministros, además de su situación actual.

Las hipótesis tratan y pretenden medir la relación entre las diferentes 5 variables que conforman las 5 secciones del formulario de obligada respuesta por aquellos que hayan respondido “**SÍ**” a la pregunta obligada de: “**Sabe usted qué es Blockchain?**”

Las variables son las siguientes: Expectativa de Rendimiento (ER), Influencia Social (IS), Condiciones Facilitadoras (CF), Intención de Uso (IU), Expectativa de Uso (EU) Transparencia (T) y Confianza entre las partes (C). Las dos últimas han sido adaptadas al modelo UTAUT ya establecido, por tal de ajustar la metodología a nuestro estudio y sus particularidades.

A continuación, se describen las hipótesis planteadas para la investigación:

H1. La **expectativa de rendimiento (ER)** afecta positivamente la **intención de uso (IU)** de adoptar blockchain.

H2. La **influencia social (IS)** afecta positivamente la **intención de uso (IU)** de adoptar blockchain.

H3. Las **condiciones facilitadoras (CF)** afectan positivamente la **intención de uso (IU)** de adoptar blockchain.

H4a. La **transparencia (T)** de la cadena de bloques afecta positivamente la **intención de uso (IU)** de la cadena de bloques.

H4b. La **transparencia (T)** de la cadena de bloques afecta positivamente la **expectativa de uso (EU)** de la cadena de bloques.

H5a. La **confianza (C)** entre las partes interesadas de la cadena de suministro afecta positivamente la **intención de uso (IU)** de adoptar blockchain.

H5b. La **confianza (C)** entre las partes interesadas de la cadena de suministro afecta positivamente las **expectativas de uso (EU)** para la adopción de blockchain.

H6. La **intención de uso (IU)** afecta positivamente la **expectativa de uso (EU)** para la adopción de blockchain.

4. Metodología

A través de la lectura y análisis de determinados *papers* y libros científicos relacionados con la temática objeto de la investigación, se obtendrá información y datos relevantes a la hora de validar o refutar nuestras hipótesis establecidas en base al modelo UTAUT, con el fin de poder cumplir los objetivos planteados.

La fuente empleada para la búsqueda de documentos científicos sobre la cadena de bloques y la cadena de suministros ha sido Google Scholar. Además, serán analizados diversos casos reales de la industria, que junto a los datos obtenidos a partir de artículos científicos y demás fuentes de calidad, servirán como vía de adquisición de datos y conocimiento que se usarán para la realización del presente trabajo de final de grado.

Por otro lado, mediante la aplicación Google Forms se realizará una encuesta con los profesionales de la cadena de suministros como público objetivo. Los datos recopilados serán analizados para graficar y evaluar el conocimiento actual del sector por parte de los trabajadores dedicados a la supply chain.

4.1. UTAUT: Unified theory of acceptance and use of technology

La teoría unificada de aceptación y uso de tecnología (*unified theory of acceptance and use of technology*, UTAUT) es un modelo de aceptación de tecnología creado por Venkatesh en "*User acceptance of information technology: Toward a unified view*".

Este modelo está compuesto por ocho modelos distintos, siendo los siguientes:

- *Technology acceptance models (TAM)*
- *Theory of reasoned action (TRA)*
- *Motivational model (MM)*
- *Theory of planned Behavior (TPB)*
- *Model of PC utilization (MPCU)*
- *Innovation diffusion theory (IDT)*
- *Social cognitive theory (SCT)*

Lo que busca este modelo es estudiar y explicar las intenciones de los encuestados para la utilización de una nueva tecnología emergente o no utilizada en el ámbito de

investigación. El modelo UTAUT se compone por una serie de indicadores que forman las construcciones a estudiar.

Las construcciones son las siguientes:

Expectativa de rendimiento (ER)

La expectativa de rendimiento es el grado en que un individuo cree que el uso de la tecnología ayudará en el desempeño de sus tareas en el trabajo (Venkatesh, 2003). En nuestra investigación, la expectativa de uso representa el grado en que un empleado percibe que el uso de blockchain mejorará su productividad y rendimiento. La motivación del empleado para aceptar y utilizar una nueva tecnología está relacionada con su percepción de esta en su día a día en el trabajo. (Davis, 1989; Venkatesh, 2003).

Las aplicaciones basadas en Blockchain han dado lugar a grandes expectativas en cuanto a mejorar las cadenas de suministro (Kshetri, 2018). Con esta tecnología y su descentralización, se puede facilitar el proceso, sobre todo en operaciones que requieran de contratos inteligentes (Kim y Laskowski, 2017).

La intención de los individuos de usar y adoptar una tecnología depende en gran parte de la expectativa de uso (Venkatesh, 2003).

Por tanto, se propone la siguiente hipótesis:

H1. La expectativa de rendimiento (ER) afecta positivamente a la intención de uso (IU) de adoptar blockchain.

Influencia Social (IS)

La influencia social se define como “el grado en que un individuo percibe que otros creen que se debe usar el nuevo sistema” (Venkatesh, 2003). Para el presente estudio, la influencia social se referirá a la medida en que el empleado entiende la importancia de por qué otros creen que deberían usar la tecnología blockchain. Existen investigaciones que demuestran que, a nivel individual, los individuos se ven condicionados por opiniones y actos de colegas de trabajo o del sector, amigos o familiares (Venkatesh y Brown, 2001), teniendo aún más importancia en la adopción de sistemas de información.

Por tanto, proponemos la siguiente hipótesis:

H2. La **influencia social (IS)** afecta positivamente a la **intención de uso (IU)** de adoptar blockchain.

Condiciones Facilitadoras (CF)

Las condiciones facilitadoras se definen como “el grado en el que un individuo cree que existe una infraestructura organizacional y técnica para apoyar el uso del sistema” (Venkatesh, 2003).

Las transacciones basadas en blockchain están almacenadas en la nube, representando una adopción significativa sin barreras en relación con los costes de infraestructura. Blockchain almacena una copia de las transacciones, garantizando la trazabilidad de los productos en la supply chain (Francisco y Swanson, 2018). Por tanto, proponemos la siguiente hipótesis:

H3. Las **condiciones facilitadoras (CF)** afectan positivamente a la **intención de uso (IU)** de adoptar blockchain.

Transparencia (T)

En el contexto de la supply chain, la transparencia se puede definir de la siguiente manera: “cómo se comunica la información de la cadena de suministro a las partes interesadas” (Morgan, 2018).

La transparencia generada mediante la cadena de bloques sirve a las empresas para poder comunicar e informar a través de su red de cadena de suministro, con el objetivo de visibilizarla. Blockchain mejora la transparencia y la responsabilidad (Biswas, 2017).

Por tanto, planteamos las siguientes hipótesis:

H4a. La **transparencia (T)** de la cadena de bloques afecta positivamente a la **intención de uso (IU)** de la cadena de bloques.

H4b. La **transparencia (T)** de la cadena de bloques afecta positivamente a la **expectativa de uso (EU)** de la cadena de bloques.

Confianza de las partes interesadas de la cadena de suministro (C)

La confianza es “la voluntad de una parte de ser vulnerable a las acciones de otra parte basada en la expectativa que la otra realizará una acción particular importante,

independientemente de la capacidad de monitorear o controlar a esa otra parte.” (Mayer, Davis y Schoorman, 1995).

La confianza es vital para todos los modelos de negocio. Su relación y relevancia en cuanto a la aceptación de una tecnología. (Y. Chen, 2018).

En el presente trabajo, la confianza de las partes interesadas de la cadena de suministro es la voluntad de que dos o más actores dentro de la red de la cadena de suministros sean vulnerables entre ellos y cumplan las expectativas de cada parte.

Las relaciones entre los actores de la cadena de suministro son fundamentales para su funcionamiento. La supply chain no tiene la suficiente transparencia entre los *stakeholders*, representando una gran dificultad para las partes (Saberri et al., 2019). Una de las principales problemáticas es el intercambio de documentos e información.

Para solventarlo, integrar Blockchain reduciría la incertidumbre y mejoraría la transparencia *peer to peer* (Biswas, 2017), además de mejorar la trazabilidad de la cadena de suministro. Esta tecnología puede mejorar el nivel de confianza entre los actores involucrados.

Por tanto, se proponen las siguientes hipótesis:

H5a. La **confianza (C)** entre las partes interesadas de la cadena de suministro afecta positivamente a la **intención de uso (IU)** de adoptar blockchain.

H5b. La **confianza (C)** entre las partes interesadas de la cadena de suministro afecta positivamente a las **expectativas de uso (EU)** para la adopción de blockchain.

Intención y Expectativa de uso

Intención de Uso (IU)

La intención de uso se define “como el grado en que una persona ha realizado planes de manera consciente para realizar o no realizar alguna conducta futura específica” (Warshaw y Davis, 1985). En este estudio, la intención de uso (IU) se refiere a la capacidad del empleado para realizar un comportamiento hacia el uso de blockchain. La intención y expectativa de uso tiene gran influencia en el uso de tecnologías (Venkatesh, 2003). Por lo tanto, nuestro estudio sostiene que la Intención de Uso predice la Expectativa de Uso.

Expectativa de Uso (EU)

Es la evaluación del empleado de la probabilidad de realizar un comportamiento concreto en relación con el uso de blockchain en el futuro. Estudios recientes basados en el modelo UTAUT, demostraron que la intención conductual tiene un impacto en las expectativas de uso (Venkatesh, 2003). Se constata que “El impulso motivacional para realizar una conducta objetivo proviene de la evaluación interna de la conducta por parte de un individuo”. Por tanto, la intención de Uso individual está asociada a su evaluación interna. Asimismo, la Intención de Uso precede a la Expectativa de Uso, es decir, “La expectativa conductual, por lo tanto, refleja la fuerza de la intención conductual focal sobre otras intenciones conductuales (en competencia)” (Venkatesh, 2003). En relación con otras investigaciones previas sobre la intención conductual en el uso de la tecnología (Venkatesh, 2003), se propone la siguiente hipótesis:

H6. La **intención de uso (IU)** afecta positivamente la **expectativa de uso (EU)** para la adopción de blockchain.

4.2. Metodología para la recopilación de datos

El enfoque de investigación es cualitativo, ya que estos estudios son especialmente útiles para descubrir el significado y actitud que las personas dan y adoptan a los eventos que experimentan (Merriam, 1998), es decir, la adopción de la tecnología blockchain en la cadena de suministros. Podría estar estructurada en base a una entrevista, grupos de discusión o bien mediante técnicas de observación. En nuestro caso, el análisis de datos se realizará un cuestionario enfocado a profesionales de la cadena de suministros con el fin de llegar a los objetivos planteados, además de permitir validar o rechazar las hipótesis planteadas previamente.

La encuesta está diseñada mediante la aplicación Forms de Google, consta de ocho secciones con un total de 34 preguntas. Respecto la distribución de la misma, el canal escogido ha sido la red social de profesionales: LinkedIn. También se ha utilizado el correo electrónico y llamadas telefónicas a organismos u autoridades vinculadas al sector logístico, con la finalidad de distribuir el formulario exactamente a nuestro target: profesionales de la cadena de suministros de cualquier edad en Barcelona y alrededores. La encuesta se ha realizado en castellano, ya que se focaliza más en nuestro público objetivo. De esta manera se logran obtener más respuestas al formulario.

Con la encuesta se pretende realizar un estudio de la aceptación y uso de la tecnología blockchain en la cadena de suministros, analizando los datos obtenidos mediante la encuesta. La Teoría Unificada de Aceptación y Uso de Tecnología (UTAUT) ha sido el modelo en el que se basa la estructura del formulario. Este consta de las siguientes secciones: expectativa de rendimiento (ER), influencia social (IS), condiciones facilitadoras (CF), intención de uso (IU), expectativa de uso (EU), transparencia (T) y confianza entre las partes interesadas (C) de la cadena de suministro. Además, contiene una primera sección común para todos los encuestados, incluyendo los que desconocen qué es Blockchain.

La razón de ser de este modelo y nuestros objetivos en cuanto a investigación científica, son compatibles. Pues se pretende realizar un estudio sobre la aceptación y la usabilidad de una tecnología, en nuestro caso Blockchain, aplicada a la cadena de suministros.

Aunque este modelo ayuda a comprender mejor las principales motivaciones de los empleados para la adopción de blockchain, las ecuaciones estructurales sirven también para explicar y justificar cómo variables externas pueden influir en la adopción de una determinada tecnología.

4.3. Metodología para el análisis de datos

La primera parte estudiada hace referencia al análisis descriptivo de la muestra, para ello se han utilizado los programas estadísticos R-Commander y Microsoft Excel.

La segunda parte estudiada hace referencia al análisis empírico de la muestra, donde se analizarán los valores obtenidos. El modelo ha sido analizado utilizando el enfoque PLS-SEM¹ con el programa estadístico Smart PLS². Tanto el modelo PLS-SEM como el programa estadístico Smart-PLS está ganando importancia en el estudio estadístico de las ciencias sociales y es adecuado para todo tipo de muestras, ya sean pequeñas o grandes, así como para datos no normales. (Hair, Hult, Ringle y Sarstedt, 2017). Cada vez hay más estudios estadísticos sobre las cadenas de suministro que son analizados con Smart PLS (Chae, Olson, y Sheu, 2014).

¹ PLS-SEM: Método multivariante de segunda generación denominado modelación de ecuaciones estructurales con mínimos cuadrados parciales.

² Smart-PLS: Es un software con una interfaz de usuario gráfica para la modelación de ecuaciones estructurales usando los mínimos cuadrados parciales en modelos de ruta (PLS).

En la Tabla 2 Construcciones del modelo se observa cada construcción estudiada con los indicadores que la forman. Para facilitar el trabajo en el análisis de los datos, se sustituyen las oraciones de los indicadores por una nomenclatura específica.

Tabla 2 Construcciones del modelo

CONSTRUCT	COD.	INDICATORS
<i>Expectativa de rendimiento</i>	ER1	Encontraría útil la tecnología Blockchain en mi trabajo.
	ER2	El uso de tecnología Blockchain me permite realizar tareas más rápidamente.
	ER3	Usar tecnología Blockchain aumenta mi productividad
	ER4	Si utilizo tecnología Blockchain, crecerán mis posibilidades de obtener un aumento de sueldo
<i>Influencia Social</i>	IS1	Las personas que influyen en mi comportamiento piensan que debería usar tecnologías Blockchain
	IS2	Las personas que son importantes para mí piensan que debería usar Blockchain
	IS3	La alta dirección de este negocio ha sido útil en el uso de Blockchain.
	IS4	En general, la organización ha apoyado el uso de las tecnologías Blockchain.
<i>Condiciones facilitadoras</i>	CF1	Tengo los recursos necesarios para operar con Blockchain
	CF2	Tengo los conocimientos necesarios acerca de Blockchain
	CF3	La tecnología Blockchain no son compatibles con otros sistemas que utilizo
	CF4	Una persona (o grupo) específica está disponible para ayudar en caso de dificultades relacionadas con Blockchain
<i>Transparencia</i>	T1	Creo que los procesos de la cadena de suministro habilitados por Blockchain serían transparentes
	T2	Creo que las partes interesadas de la cadena de suministro me proporcionarán un conocimiento profundo sobre aplicaciones de Blockchain en la cadena de suministro
	T3	Creo que las partes interesadas de la cadena de suministro me proporcionarán un acceso profundo a cómo funcionan las aplicaciones de la cadena de suministro habilitadas por Blockchain.
	T4	Creo que tendré la oportunidad de proporcionar comentarios sobre las aplicaciones de la cadena de suministro habilitadas con Blockchain.
<i>Confianza</i>	C1	Creo que puedo confiar en las partes interesadas de la cadena de suministro
	C2	Se puede confiar en que las partes interesadas de la cadena de suministro realizarán fielmente transacciones de Blockchain
	C3	En mi opinión, las partes interesadas de la cadena de suministro son confiables
	C4	Confío en que las partes interesadas de la cadena de suministro tengan en cuenta mis mejores intereses.
<i>Intención de Uso</i>	IU1	Tengo la intención de utilizar tecnologías blockchain en los próximos meses.
	IU2	Predigo que usaría tecnologías blockchain en los próximos meses.
	IU3	Planeo usar tecnologías blockchain en los próximos meses
<i>Expectativa de Uso</i>	EU1	Espero utilizar tecnologías blockchain en los próximos meses.
	EU2	Usaré tecnologías blockchain en los próximos meses.
	EU3	Es probable que utilice tecnologías blockchain en los próximos meses.

Fuente: Elaboración propia

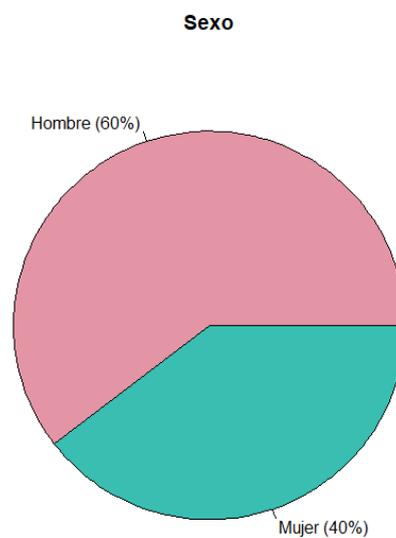
5. Resultados

5.1. Análisis descriptivo

5.1.1. Género

Como podemos ver en el gráfico sectorial, Gráfico 2 Sexo, el 60% de la población observada en el estudio se ha identificado con el género masculino, el 40% restante de la muestra se ha identificado con el género femenino.

Gráfico 2 Sexo

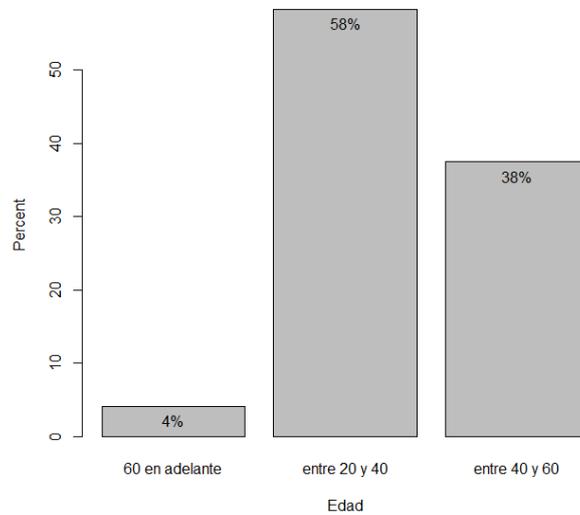


Fuente: Elaboración propia

5.1.2. Edad

La variable edad ha sido estudiada por franjas numéricas que engloban tres rangos de edad. El Gráfico 3 Edad, es un gráfico de barras que nos muestra el 58% de los encuestados son personas que tienen entre 20 y 40 años, el 38% tiene entre 40 y 60 años y tan solo el 4% tiene más de 60 años.

Gráfico 3 Edad

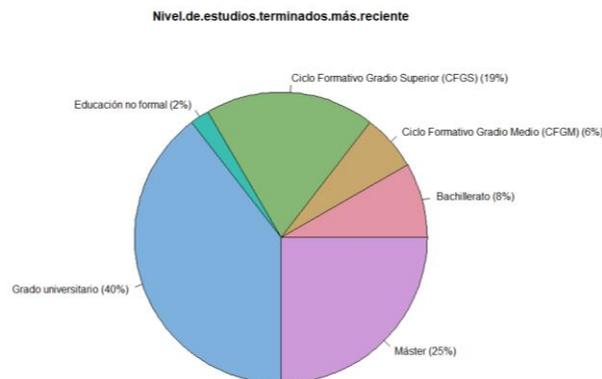


Fuente: Elaboración propia

5.1.3. Nivel de estudios

En el siguiente gráfico se puede ver una amplia diversidad del nivel de formación en la población estudiada. Hay que tener en cuenta que se mide el último nivel de estudios cursados más relevantes. El 40% de la muestra dispone de un grado universitario y un 25% cursó un máster universitario. Cabe destacar el importante peso que tiene la formación profesional, entre el CFGS y CFGM suman otro 25%. Un 8% terminó el bachillerato y un 2% tiene educación no formal.

Gráfico 4 Nivel de estudios



Fuente: Elaboración propia

5.1.4. Sector laboral

En el siguiente gráfico de barras podemos observar la distribución de la muestra según su sector laboral. Destaca que el 35,42% actúan como operadores logísticos, el 27,08% trabajan en el sector portuario y el 12,50% en *retailers*. El 6,25% trabaja en el sector de la automoción, el 4,17% en el sector químico, farmacéutico y de consultoría. Un 2,08% trabajan en el sector de alimentación e ingeniería. Hay que destacar que un 2,08% actualmente se encuentra sin trabajo.

Gráfico 5 Sector laboral



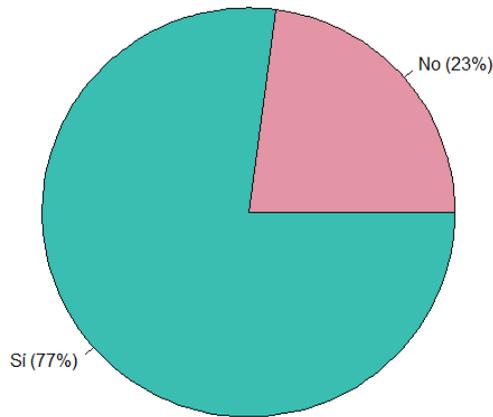
Fuente: Elaboración propia

5.1.5. Blockchain: Qué es, aplicaciones, uso y formación en la empresa.

Gracias al Gráfico 6 ¿Sabe usted qué es blockchain? se puede observar que el 77% de la muestra estudiada sabe que es la tecnología blockchain o por lo menos eso es lo que creen. Tan solo el 23% de la muestra no saben que es esta tecnología.

Gráfico 6 ¿Sabe usted qué es blockchain?

X.Sabe.usted.qué.es.Blockchain.

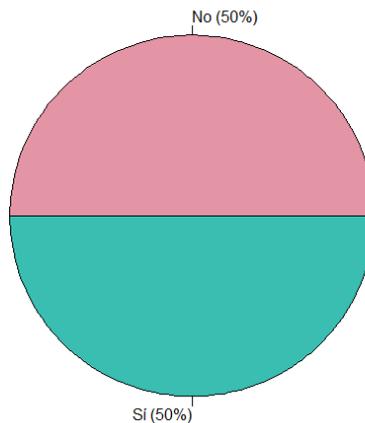


Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se realiza una pregunta al encuestado para saber su conocimiento acerca de las aplicaciones de esta tecnología en el sector de la logística. Esta pregunta sólo se responde en el caso de que conozca la tecnología blockchain. Se puede observar en el Gráfico 7 Conocimiento de las aplicaciones de blockchain. que tan solo el 50% de los que saben que es la tecnología blockchain conocen sus aplicaciones.

Gráfico 7 Conocimiento de las aplicaciones de blockchain.

itivo.en.la.respuesta.anterior...conoce.usted.sus.aplicaciones.en.las.cade

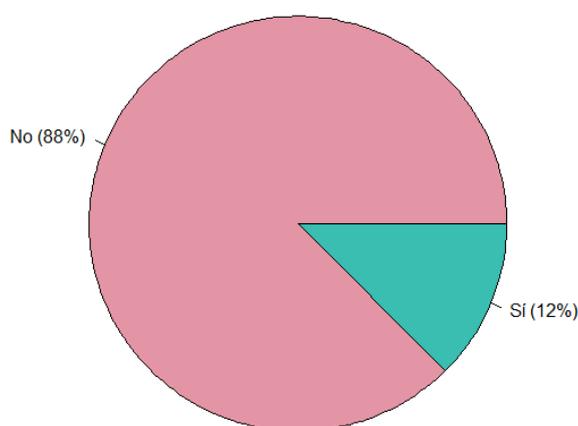


Fuente: Elaboración propia

Actualmente, muy pocas empresas del sector logístico usan esta tecnología en sus operaciones. Por eso, se realiza la pregunta si se hace uso de esta tecnología en la empresa y podemos observar en el *Gráfico 8 Uso de blockchain en la empresa* que, como era de esperar, tan solo un 12% hace uso de esta tecnología. Mientras que, el otro 88% de los encuestados han respondido que su empresa no hace uso de esta tecnología.

Gráfico 8 Uso de blockchain en la empresa

X.Su.empresa.hace.uso.de.Blockchain.

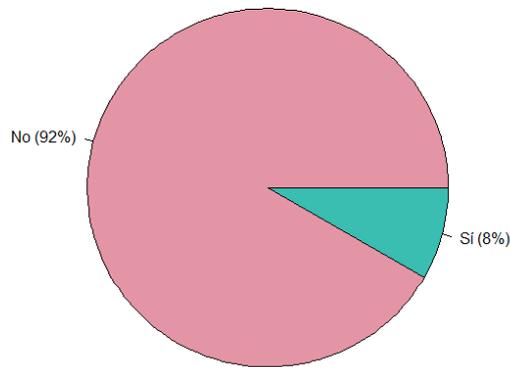


Fuente: Elaboración propia

Para obtener información relevante y nutrir esta investigación, es imprescindible saber si las empresas ofrecen formaciones sobre esta tecnología a sus empleados. Se puede observar en *Gráfico 9 Formación de blockchain* prácticamente ninguna empresa ha realizado formaciones a sus empleados a cerca de esta tecnología. Tan solo un 8% si que lo ha hecho en contra del 92% que no lo ha hecho.

Gráfico 9 Formación de blockchain

X.Ha.recibido.usted.formación.sobre.Blockchain.por.parte.de.su.empre:



Fuente: Elaboración propia

5.2. Análisis empírico

Tabla 3 Outer Loading

Construct	Item	Loading
Expectativa de rendimiento	ER1	0.863
	ER2	0.809
	ER3	0.662
	ER4	0.746
Influencia social	IS1	0.808
	IS2	0.861
	IS3	0.577
	IS4	0.896
Condiciones facilitadoras	CF1	0.909
	CF2	0.752
	CF3	0.058

	CF4	0.837
Transparencia	T1	0.569
	T2	0.840
	T3	0.820
	T4	0.907
Confianza entre las partes	C1	0.707
	C2	0.591
	C3	0.404
	C4	0.826
Intención de uso	IU1	0.982
	IU2	0.986
	IU3	0.988
Expectativa de uso	EU1	0.921
	EU2	0.971
	EU3	0.957

Fuente: Elaboración propia

Los *outer loadings* son las relaciones estimadas en modelos de medición reflexivos. Es decir, flechas de una variable latente a los indicadores. Determinan la contribución absoluta de un elemento a su construcción asignada.

Como podemos observar en la *Tabla 3 Outer Loading* la mayoría de los indicadores tienen un valor superior al 0.7 lo que significa que estos valores son buenos. Solamente los indicadores C2, C3, CF3, ER3, IS3 y T1 tienen un valor inferior a 0.7. El valor 0.7 marca el umbral que indica si los indicadores estudiados son buenos o contribuyen en la generación de las construcciones (Hair, 2017), de la fila 1 de la *Tabla 3 Outer Loading*. Este problema se podría solucionar incrementando el tamaño de la muestra.

Tabla 4 Cronbach's Alpha, CR, and AVE values.

Construct	Cronbach's Alpha	Composite Reliability (CR)	Average Variance Extracted (AVE)
Confianza entre las partes	0.933	0.735	0.424
Condiciones facilitadoras	0.598	0.774	0.524
Intención de uso	0.985	0.990	0.971
Expectativa de rendimiento	0.812	0.855	0.598
Influencia social	0.801	0.870	0.633
Transparencia	0.836	0.870	0.631
Expectativa de uso	0.946	0.965	0.903

Fuente: Elaboración propia

Seguidamente, observamos los resultados y valores de *Cronbach's Alpha*³, *Composite Reliability (CR)*⁴ y *Average Variance Extracted (AVE)*⁵ mostrados en la Tabla 4 Cronbach's Alpha, CR, and AVE values. El valor de *Cronbach's Alpha* mide la consistencia interna de la construcción. Todos los valores superan el umbral de 0.7 marcado por este coeficiente de confiabilidad, por lo que podemos afirmar que las construcciones son consistentes con un alto grado de confianza (Guadagnoli y Velicer, 1988). Podemos observar, de igual manera, que los valores del análisis factorial *Composite Reliability* todos superan el umbral de 0.7 (Hair, J. F., Sarstedt, M., Hopkins, L., y Kuppelwieser, V. G, 2014). Los valores de los cálculos de la varianza media extraída (AVE) mide la cantidad de varianza que tiene cada construcción en relación con la cantidad de varianza debida a errores de medición, tal como observan Hair, J. F.,

³ *Cronbach's Alpha* es sirve para medir la consistencia interna, la relación de un conjunto de indicadores como construcción.

⁴ *Composite Reliability (CR)* es una medida de consistencia interna en los indicadores, muy similar al alfa de Cronbach ya que mide la confiabilidad de la construcción.

⁵ *Average Variance Extracted (AVE)* es una medida de la cantidad de varianza que captura una construcción en relación con la cantidad de varianza debida al error de medición.

Sarstedt, M., Hopkins, L., y Kuppelwieser, V. G en su investigación. Los valores resultados del AVE mayores al umbral de 0,5 se consideran confiables. En nuestro caso, todos son mayores a 0,5 excepto la construcción de confianza entre las partes (C) que tiene un valor de 0,424.

Tabla 5 Discriminant validity

Construct	1	2	3	4	5	6	7
Confianza entre las partes	0.651						
Condiciones facilitadoras	0.168	0.724					
Intención de uso	0.302	0.613	0.985				
Expectativa de rendimiento	0.412	0.111	0.333	0.773			
Influencia social	0.029	0.396	0.354	0.223	0.795		
Transparencia	0.454	0.298	0.373	0.385	0.044	0.794	
Expectativa de uso	0.283	0.663	0.952	0.289	0.324	0.341	0.950

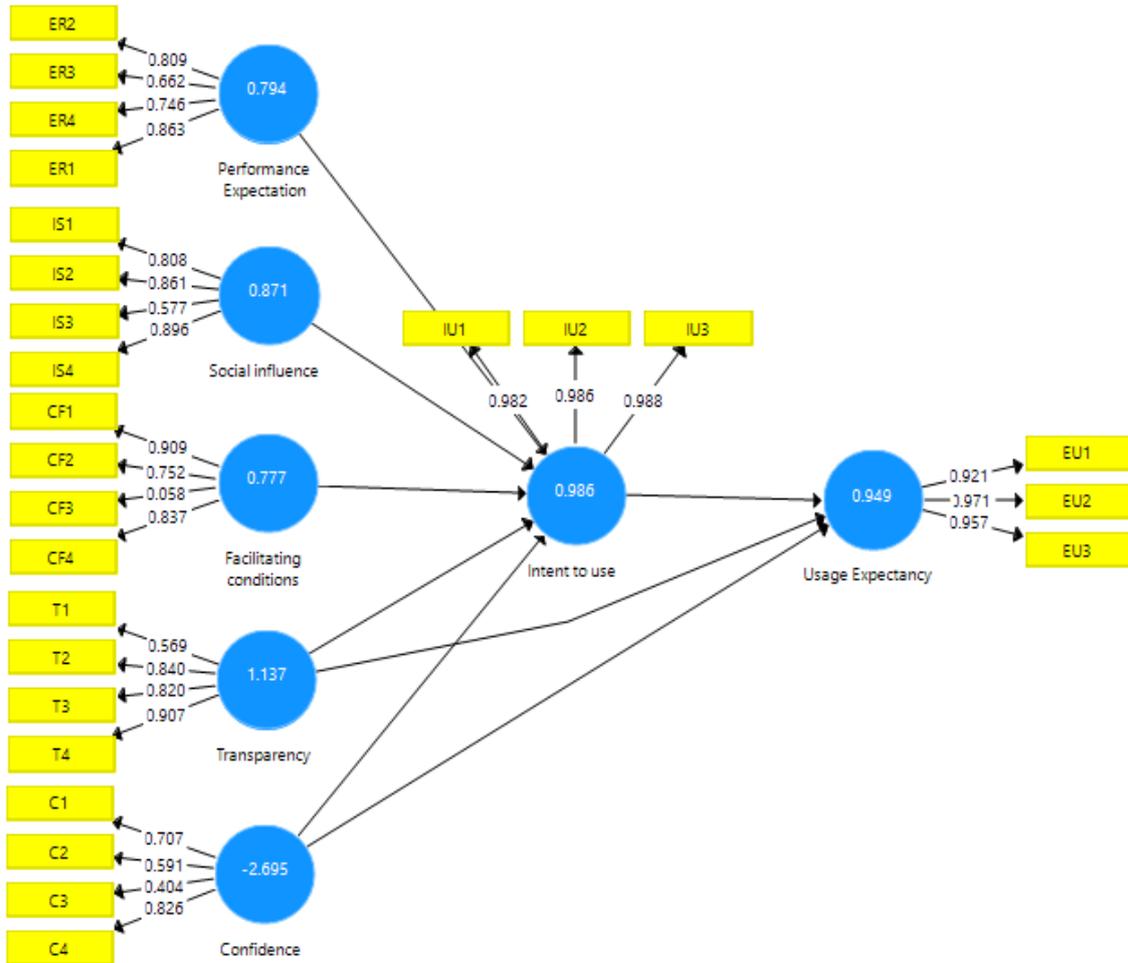
Fuente: Elaboración propia.

Para evaluar la validez discriminante de las construcciones, se usa el criterio Fornell-Larcker. Según Fornell-Larcker en 1981, la validez discriminante es la manera en que las construcciones difieren entre sí, estando en el contexto del mismo modelo. Será evaluada comparando la correlación entre construcciones con la raíz cuadrada de la varianza media extraída. La raíz cuadrada de AVE debe ser mayor que la correlación entre construcciones. En la Tabla 5 Discriminant validity se observa que, para cada construcción, la raíz cuadrada de AVE es mayor que las correlaciones entre una construcción en particular y todas las demás.

Modelo estructural

El modelo estructural para relacionar las construcciones y formar las hipótesis establecidas es el siguiente:

Imagen 9 Modelo estructural



Fuente: Elaboración propia

Los resultados mostrados en la *Tabla 6 Path coefficients* indican el efecto positivo y significativo de CF sobre IU ($\beta = 0.503$, T-Stat = 3.083, $p < 0.05$), estos resultados nos permiten aceptar H3. De la misma manera se observa un efecto positivo y significativo de IU sobre EU ($\beta = 0.957$, T-Stat = 28.199, $p < 0.05$), permitiéndonos aceptar H6. Por otro lado, las H1, H2, H4a, H4b, H5a y H5b obtienen un p valor superior a 0,05 por lo que rechazaremos todas las hipótesis.

Tabla 6 Path coefficients

Hypothesis	Path	β	std. dev.	t-statistics	p-value
H1	Expectativa de rendimiento -> Intención de uso	0.172	0.239	0.720	0.472
H2	Influencia social -> Intención de uso	0.109	0.179	0.610	0.542
H3	Condiciones facilitadoras -> Intención de uso	0.503	0.163	3.083	0.002
H4a	Transparencia -> Intención de uso	0.110	0.239	0.462	0.644
H4b	Transparencia -> Expectativa de uso	-0.018	0.066	0.267	0.790
H5a	Confianza entre las partes -> Intención de uso	0.093	0.246	0.379	0.705
H5b	Confianza entre las partes -> Expectativa de uso	0.002	0.069	0.035	0.972
H6	Intención de uso -> Expectativa de uso	0.957	0.034	28.199	0.000

Fuente: Elaboración propia

6. Conclusiones

Los resultados mostraron que la adopción de blockchain por parte de los profesionales de la gestión de la cadena de suministros se encuentra todavía en su etapa inicial. Es una cuestión más teórica que práctica y de debate académico como bien menciona Sara Saberi et al., en su paper del 2019. De acuerdo con los resultados obtenidos, nuestro modelo propuesto ha sido adecuadamente explicado y justificado aplicando el modelo UTAUT de Venkatesh (2013).

Las H6 y H3 son las hipótesis aceptadas en base al modelo empleado. Tras el detallado análisis de los datos obtenidos a partir del formulario (UTAUT), mediante el modelo de Ecuaciones Estructurales con Mínimos Cuadrados Parciales (PLS-SEM), obtenemos valores p-valor inferiores a 0,05 para las hipótesis mencionadas y los constructos establecidos del modelo realizado.

Tras la investigación, podemos afirmar que las condiciones facilitadoras (CF) tienen un impacto positivo respecto la intención de uso (IU) de la tecnología blockchain. Por otro lado, en base a nuestro constructo, la intención de uso (IU) afecta de manera positiva a la expectativa de uso (EU) para la adopción de blockchain.

El resto de las hipótesis son rechazadas ya que, en el análisis empírico, como se puede observar, los diferentes valores p-valor de las respectivas hipótesis son superiores a 0,05. Por tanto, la expectativa de rendimiento (ER) no está relacionada con la intención de uso (IU) de adoptar blockchain. Respecto la influencia social (IS), se demuestra que no hay influencia de ella respecto la intención de uso (IU) de adoptar blockchain. En relación con la transparencia (T) de la cadena de bloques, la intención de uso (IU) de blockchain no influye en ella. Tampoco hay relación de la Transparencia (T) respecto a la expectativa de uso (EU) de la cadena de bloques. Finalmente, podemos afirmar que la confianza (C) entre las partes interesadas de la cadena de suministro no está relacionada con la intención de uso (IU) de adoptar blockchain. Por último, la confianza (C) tampoco afecta a la expectativa de uso (EU) de los diferentes actores a la hora de adoptar blockchain.

La transparencia y la confianza entre los diferentes actores son dos aspectos por mejorar en la cadena de suministros. La cadena de bloques es una de las principales tecnologías que pueden dar solución a estos dos aspectos. Como resultado inesperado, estas dos características no han sido determinantes para que la muestra estudiada

tenga la intención o la expectativa de uso de esta tecnología en un futuro. Sin embargo, se muestra una actitud proactiva a la hora de adoptar e integrar la cadena de bloques en sus sistemas de información únicamente, si esta les facilita y ayuda a la hora de realizar sus tareas y desempeño laboral diario.

El estudio y el modelo propuesto sugieren realizar más investigaciones sobre blockchain, pero de manera más específica y centrada en el público objetivo de un ámbito territorial más acotado. Muchos profesionales de la logística de la zona de Barcelona desconocen acerca de las aplicaciones de Blockchain en la cadena de suministros y el comercio internacional, aunque sí que saben que es esta tecnología. Los mandos intermedios deberían ser formados acerca de esta opción tecnológica, de manera que puedan transferir su conocimiento al resto de empleados, tanto a sus responsables con categoría senior como a los trabajadores más jóvenes. Los resultados de la encuesta avalan el hecho de que la mayoría de los logísticos del territorio estudiado no han recibido formaciones acerca de blockchain. Este aspecto es una de las Principales barreras intraorganizacionales que impiden la adopción de la tecnología blockchain, de modo que podrían dar solución al punto 2 y 4 de las principales barreras intraorganizacionales.

Más allá de los resultados obtenidos, la literatura de la temática estudiada demuestra que sería positivo aprovechar la tecnología para proporcionar una base de datos accesible a nivel mundial donde los diferentes actores de la cadena puedan identificar bien todas las partes. Integrar esta tecnología en los sistemas informáticos entre las empresas incentivará a las organizaciones para mejorar sus estándares constantemente, de lo contrario se arriesgarán a quedarse atrás.

7. Recomendaciones

Recomendamos a todos los profesionales y actores de la cadena de suministros tomar parte e informarse de todas las ventajas que puede comportar la tecnología blockchain en la cadena de suministro, aumentando la confianza entre las partes, mejorando la trazabilidad y la transparencia de forma segura. De este modo, todos los actores se verán beneficiados dando valor añadido al producto o servicio ofrecido al consumidor final.

Recomendamos a los mandos intermedios de las empresas a formarse en cuanto al funcionamiento de esta nueva tecnología y las posibilidades que comportaría su integración. Así mismo, recomendamos a estos llamar la atención de sus colegas de trabajo y de sector explicándoles como blockchain les puede beneficiar y facilitar su desempeño laboral y el día a día en el sector. Mediante organismos, clústeres y organizaciones no-gubernamentales del sector logístico y portuario, promover el conocimiento y la razón de ser de blockchain, además de presentar casos reales exitosos llevados a cabo actualmente. Todo esto con el objetivo de fomentar el uso de esta nueva tecnología. De esta manera, la integración de blockchain a los sistemas de información de las empresas, ayudaría y facilitaría las tareas diarias de los trabajadores, amenizando y optimizando su desempeño laboral. Los trabajadores tomarán una actitud más receptiva a la hora de adoptar esta tecnología y recibir formaciones si se les convence de primeras que esta tecnología les facilitará el trabajo. La psicología es un papel fundamental y de este modo se captará la atención necesaria requerida para explicar que es blockchain, como funciona y cuáles son los principales retos de la cadena de suministros que se verán beneficiados con la adopción e integración de blockchain. Como conclusión de lo dicho, no es lo mismo decir que blockchain mejora la transparencia, la confianza y la trazabilidad, que decir que mediante esta tecnología reducirá el número de correos innecesarios drásticamente como se menciona en el apartado 2.5.2.

Se recomienda seguir realizando este tipo de investigaciones o similares para estudiar las necesidades intrínsecas de los trabajadores. Sería interesante realizar este estudio en dos etapas. La primera, realizar una encuesta a los trabajadores en un estado inicial. Y la segunda, realizar la misma encuesta después de darles una pequeña formación o mostrar un pequeño vídeo sobre la tecnología blockchain aplicada a la Supply Chain.

8. Bibliografía

Anon. 2019. "Tutellus Whitepaper." (january):1–43.

Anthony Piltzecker, (2008). The Best Damn Windows Server 2008 Book Period 2nd Edition. Syngress Publishing

Big Data en la práctica. Bernard Marr. Teell Editorial, S.L. febrero 25, 2016

Binance. (2020). La Historia de Blockchain. <https://academy.binance.com/es/articles/history-of-blockchain?cv=1>

Biswas, K., Muthukkumarasamy, V., & Tan, W. L. (2017). Blockchain based wine supply chain traceability system. In Future Technologies Conference (FTC) 2017 (pp. 56-62). The Science and Information Organization.

Buterin, V. (2014). A next-generation smart contract and decentralized application platform. White paper.

Chen, R. Y. (2018). A traceability chain algorithm for artificial neural networks using T–S fuzzy cognitive maps in blockchain. *Future Generation Computer Systems*, 80, 198–210. <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.09.077>.

Chen, Xiangping. 2018. "Blockchain Challenges and Opportunities: A Survey Zibin Zheng and Shaoan Xie Hong-Ning Dai Huaimin Wang." *IEEE International Symposium on High Performance Distributed Computing, Proceedings* 14(4):352–75.

Christopher, Martin L. (1992), *Logistics and Supply Chain Management*, London: Pitman Publishing.

Cooper, Martha C. and Lisa M. Ellram (1993), "Characteristics of Supply Chain Management and the Implication for Purchasing and Logistics Strategy," *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 4, No. 2, pp. 13-24.

Czachorowski, K., Solesvik, M., & Kondratenko, Y. (2019). *The Application of Blockchain Technology in the Maritime Industry*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-00253-4>

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319. <https://doi.org/10.2307/249008>.

Deloitte (2018). Breaking Blockchain Open. Deloitte's 2018 Global Blockchain Survey (Report).

Díaz, J. C. G., & Díaz, J. C. G. (1995). *Criptografía: historia de la escritura cifrada*. Editorial Complutense.

Dickson, B. 2016. "How Blockchain Can Change the Future of IoT." Accessed 2018. <https://venturebeat.com/2016/11/20/how-blockchain-can-change-the-future-of-iot/>

Dobrovnik, Mario, David Herold, Elmar Fürst, and Sebastian Kummer. 2018. "Blockchain for and in Logistics: What to Adopt and Where to Start." *Logistics* 2(3):18. doi: 10.3390/logistics2030018.

Etemadi, N.; Borbon-Galvez, Y.; Strozzi, F.; Etemadi, T. Supply Chain Disruption Risk Management with Blockchain: A Dynamic Literature Review. *Information* 2021, 12, 70. <https://doi.org/10.3390/info12020070>

Ford David, Lars-Erik Gadde, Håkansson Håkan and Snehota Ivan (2003): *Managing Business Relationships*. Second edition London Wiley

Fornell, C., & Lacker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39–50.

Francisco, K., & Swanson, D. (2018). The supply chain has No clothes: Technology adoption of blockchain for supply chain transparency. *Logistics*, 2(1), 2. <https://doi.org/10.3390/logistics2010002>.

Fujita, M. and Thisse, J.-F. (2006). Globalization and the evolution of the supply chain: Who gains and who loses? *International Economic Review*, 47: 811-836. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2354.2006.00397.x>

Goldsby, T. J., & Zinn, W. (2016). Technology innovation and new business models: Can logistics and supply chain research accelerate the evolution? *Journal of Business Logistics*, 37(2), 80–81. <https://doi.org/10.1111/jbl.12130>.

Govindan, Kannan; Hasanagic, Mia (2018). A systematic review on drivers, barriers, and practices towards circular economy: a supply chain perspective. *International Journal of Production Research*, (), 1–34. doi:10.1080/00207543.2017.1402141

Guadagnoli, E., & Velicer, W. F. (1988). Relation of sample size to the stability of component patterns. *Psychological Bulletin*, 103(2), 265–275. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.103.2.265>.

Haber, Stuart, and W. Scott Stornetta. 1991. "How to Time-Stamp a Digital Document." *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* 537 LNCS:437–55. doi: 10.1007/3-540-38424-3_32.

Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., Sarstedt, M., & Thiele, K. O. (2017). Mirror, mirror on the wall: a comparative evaluation of composite-based structural equation modeling methods. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 45(5), 616-632.

Hair, J. F., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2011). PLS-SEM: Indeed a silver bullet. *Journal of Marketing theory and Practice*, 19(2), 139-152.

Hair, J. F., Sarstedt, M., Hopkins, L., & Kuppelwieser, V. G. (2014). Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM): An emerging tool in business research. *European Business Review*, 26. <https://doi.org/10.1108/EBR-10-2013-0128>.

Indian Transport & Logistics News. Octubre, Puerto de Rotterdam, sitio web sección 'INSIGHT', visitado el 17 de marzo del 2021, en <https://www.itln.in/reinventing-global-trade-using-blockchain-logistics>

information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425–478. <https://doi.org/10.2307/30036540>.

Kim, H., & Laskowski, M. (2017). A perspective on blockchain smart contracts: Reducing uncertainty and complexity in value exchange. 2017 26th International Conference on Computer Communications and Networks, ICCCN 2017. <https://doi.org/10.1109/ICCCN.2017.8038512>.

Kshetri, N. (2018). 1 Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. *International Journal of Information Management*, 39(June 2017), 80–89.

Kwon, Ik-Whan y Suh, Taewon. (2004). Factors Affecting the Level of Trust and

Commitment in Supply Chain Management. *Journal of Supply Chain Management*. 40. 4 - 14. <https://doi.org/10.1111/j.1745-493X.2004.tb00165.x>

La Londe, Bernard J. and James M. Masters (1994), "Emerging Logistics Strategies: Blueprints for the Next Century," *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol. 24, No. 7, pp. 35-47.

Lambert Douglas M. and Cooper Martha C. (2000): "Issues in Supply Chain Management". *Industrial Marketing Management* 29, pp. 65-83

Lamming Richard, Thomas Johnsen, Jurong Zheng and Christine Harland (2000): "An initial classification of supply networks". *International Journal of Operations & Production Management* vol. 20 no 6, pp. 675- 691

Law, A. (2017). Smart contracts and their application in supply chain management (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology). <http://hdl.handle.net/1721.1/114082>

Lim, S. Y., Fotsing, P. T., Almasri, A., Musa, O., Kiah, M. L. M., Ang, T. F., & Ismail, R. (2018). Blockchain technology the identity management and authentication service disruptor: a survey. *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol*, 8(4-2), 1735-1745.

Lohmer, J., Bugert, N., & Lasch, R. (2020). Analysis of resilience strategies and ripple effect in blockchain-coordinated supply chains: An agent-based simulation study. *International Journal of Production Economics*, 107882.

Mascontainer, Logistic & Trade News. MSC y CMA CGM se suman al proyecto blockchain Tradelens, visitado el 11 de marzo del 2021, en <https://www.mascontainer.com/msc-y-cma-cgm-se-suman-al-proyecto-blockchain-tradelens/>

Mayer, R. C., Davis, J. H., & Schoorman, F. D. (1995). An integrative model of organizational trust. *The Academy of Management Review*, 20(3), 709–734. <https://doi.org/10.5465/AMR.1995.9508080335>.

McKinsey. (2017). *Blockchain technology for supply chains—A must or a maybe?* <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/blockchain-technology-for-supply-chainsa-must-or-a-maybe#>

Merkle R.C. (1990) A Certified Digital Signature. In: Brassard G. (eds) *Advances in Cryptology — CRYPTO' 89 Proceedings*. CRYPTO 1989. *Lecture Notes in Computer Science*, vol 435. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/0-387-34805-0_21

Merriam, S. B. (1998). *Qualitative research and case study applications in education*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers.

Michael White Head, TradeLens at Maersk. Enero 16, 2018. Visitado el 17 de marzo del 2021 en <https://www.ibm.com/blogs/blockchain/2018/01/digitizing-global-trade-maersk-ibm/>

Morgan, T. R., Richey Jr, R. G., & Ellinger, A. E. (2018). Supplier transparency: Scale development and validation. *The International Journal of Logistics Management*. <https://doi.org/10.1108/IJLM-01-2017-0018>

Narayan, R., & Tidström, A. (2020). Tokenizing cooperation in a blockchain for a transition to circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 121437.

Natarajan, H., Krause, S., & Gradstein, H. (2017). *Distributed ledger technology and blockchain*. World Bank.

Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric theory* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.

R. Want, "An introduction to RFID technology," in *IEEE Pervasive Computing*, vol. 5, no. 1, pp. 25-33, Jan.-March 2006, doi: 10.1109/MPRV.2006.2.

Ross, David Frederick (1998), *Competing Through Supply Chain Management*, New York, NY: Chapman & Hall.

S. Beth et al., "Building Relationships," *Harvard Business Review*, 01-Jul-2003. Visitado el 1 de mayo de 2021 en <https://hbr.org/2003/07/building-relationships>

S. New, "McDonald's and the Challenges of a Modern Supply Chain," *Harvard Business Review*. Visitado el 1 de mayo de 2021 en <https://hbr.org/2015/02/mcdonalds-and-the->

[challenges-of-a-modern-supply-chain](#)

Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., y Shen, L., (2019). "Blockchain Technology and Its Relationships to Sustainable Supply Chain Management." *International Journal of Production Research* 57(7):2117–35. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1533261>

Satoshi Nakamoto. (2009). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*.

Saunders, A., & Cornett, M. M. (2019). *Financial Markets and Institutions*. New York: Mc Graw Hill Education

Silberschatz, A., Korth, H. F., & Sudarshan, S. (1997). *Database system concepts* (Vol. 4). New York: Mcgraw-hill.

Swartz, S., (2014). "Challenges for Today's Global Supply Chain: Cost, Profitability and Personalization", *Inbound Logistics*. Visitado el 1 de mayo de 2021. <https://www.inboundlogistics.com/cms/article/challenges-for-todays-global-supply-chain-cost-profitability-and-personalization/>

T. Gyorey, M. Jochim, y S. Norton, "The challenges ahead for supply chains: McKinsey Global Survey results," McKinsey & Company. Visitado el 30 de marzo del 2021 en <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/the-challenges-ahead-for-supply-chains-mckinsey-global-survey-results>

Tariq Azad. (2008). *Securing Citrix XenApp Server in the Enterprise*. Syngress Publishing

Tradelens, visitado el 11 de marzo del 2021, en <https://www.tradelens.com/>

Venkatesh, V., & Brown, S. A. (2001). A longitudinal investigation of personal computers in homes: Adoption determinants and emerging challenges. *MIS Quarterly*, 25(1), 71. <https://doi.org/10.2307/3250959>.

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of

VILAR PAGÈS, F. 2020. Tecnología blockchain, smart contracts y caso swap: Descripción, evolución, aplicaciones y tendencias. PUIG, E. (dir.) Trabajo Fin de Grado, Universitat de Barcelona. <http://hdl.handle.net/2445/169613>

Wang, Y. S., Yeh, C. H., & Liao, Y. W. (2013). What drives purchase intention in the context of online content services? The moderating role of ethical self-efficacy for online piracy. *International Journal of Information Management*, 33(1), 199–208. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2012.09.004>.

Warshaw, P. R., & Davis, F. D. (1985). Disentangling Behavioral Intention and Behavioral Expectation, 228, 213–228.

Zheng, Zibin, Shaoan Xie, Hongning Dai, Xiangping Chen, and Huaimin Wang. 2017. “An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends.” *Proceedings - 2017 IEEE 6th International Congress on Big Data, BigData Congress 2017* 557–64. doi: 10.1109/BigDataCongress.2017.85.

Mehrdokht Pournader, Yangyan Shi, Stefan Seuring & S.C. Lenny Koh (2020) Blockchain applications in supply chains, transport and logistics: a systematic review of the literature, *International Journal of Production Research*, 58:7, 2063-2081, DOI: 10.1080/00207543.2019.1650976

9. Anexos