

## **Análisis Bibliométrico de Blockchain y su aplicación en diversos Sectores Empresariales**

### **Bibliometric Analysis of Blockchain and its application in various Business Sectors**

**Carlos E. Remolina-Medina**

Universidad Tecnológica de Bolívar - Colombia  
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-4500-8925>  
[cremolina@utb.edu.co](mailto:cremolina@utb.edu.co)

**Fecha de recepción:** 05/06/2023

**Fecha de evaluación:** 26/06/2023

**Fecha de aceptación:** 24/07/2023

**Cómo citar:** *Remolina-Medina, C. (2023). Análisis Bibliométrico de Blockchain y su aplicación en diversos Sectores Empresariales. Revista Científica Anfibios, 6(2), 56-69. <https://doi.org/10.37979/afb.2023v6n2.137>*



[Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

### **Resumen**

Blockchain es una tecnología prometedora que tiene amplias aplicaciones en muchos campos incluyendo el contexto empresarial. El advenimiento de la tecnología blockchain viene con una serie de problemas y desafíos que complican su implementación. Esta tecnología ha cambiado por completo el concepto actual de centralización, utilizándose diferentes métodos para conectar y monitorear transacciones en tecnología blockchain en aspectos como la descentralización, la inmutabilidad, la transparencia y la comunicación entre pares, los cuales ayudan a responder de manera efectiva a las tendencias actuales. El propósito del presente documento es realizar un progreso académico planteando las aplicaciones del blockchain en el ámbito empresarial, para tal fin, se realizó una investigación bibliométrica usando la base de datos bibliográfica de artículos de revistas científicas Scopus. Se analizaron registros bibliográficos y los principales hallazgos fueron que en los últimos 5 años se han mostrado un incremento en la producción científica de la temática en su conjunto así como aplicaciones en el campo de la medicina, sector asegurador, bancario, transaccional entre muchos otra. Finalmente se abordaron limitaciones y futuras líneas de investigación.

### **Palabras clave**

Blockchain; aplicaciones empresariales; transacciones

### **Abstract**

Blockchain is a promising technology that has broad applications in many fields including the business context. The advent of blockchain technology comes with a number of issues and challenges that complicate its implementation. This technology has completely changed the current concept of centralisation, using different methods to connect and monitor transactions in blockchain technology in aspects such as decentralisation, immutability, transparency and peer-to-peer communication, which help to effectively respond to current trends. The purpose of this paper is to make an academic progress by considering the applications of blockchain in the business environment, for this purpose, a bibliometric research was conducted using the bibliographic database of scientific journal articles Scopus. Bibliographic records were analysed and the main findings were that in the last 5 years there has been an increase in the scientific production of the subject as a whole as well as applications in the field of medicine, insurance, banking, transactional and many others. Finally, limitations and future lines of research were addressed.

## Keywords

Blockchain; enterprise applications; transactions

## Introducción

Los retos y desafíos a los que se enfrentan las organizaciones en la actualidad está haciendo que la adopción de tecnologías que permitan incrementar aspectos como la descentralización, la inmutabilidad, la transparencia, la comunicación y la seguridad ocupen un foco importante dentro de su estrategia, es por esto que una de esas herramientas que está revolucionando el mundo empresarial actual está vinculado la tecnología blockchain, que con la diferencia de los métodos tradicionales, permite la transferencia de activos digitales entre pares sin intermediarios (Dutta et al., 2020; Fosso Wamba et al., 2020).

Blockchain es una tecnología que originalmente creada para respaldar la famosa criptomoneda Bitcoin. Bitcoin fue propuesto por primera vez en 2008 e implementado por Satoshi Nakamoto en 2009. Esta tecnología es esencialmente una cadena de bloques que almacena todas las transacciones realizadas mediante un libro mayor público. La cadena continúa creciendo a medida que se agregan nuevos bloques (Fraga-Lamas & Fernández-Caramés, 2019).

Blockchain opera en un entorno descentralizado respaldado por varias tecnologías subyacentes, como firmas digitales, hashing criptográfico y algoritmos de consenso distribuido. Todas las transacciones están descentralizadas, eliminando la necesidad de intermediarios para verificar y aprobar transacciones (Abou Jaoude & George Saade, 2019). Blockchain tiene algunas características clave como la descentralización, la transparencia, la inmutabilidad y la auditabilidad (W. Zheng et al., 2019).

Aunque Bitcoin es la aplicación más famosa de blockchain, se puede usar para una variedad de aplicaciones mucho más allá de las criptomonedas. Debido a que permite realizar pagos sin bancos ni intermediarios, la cadena de bloques se puede utilizar para una variedad de servicios financieros, como activos digitales, transferencias de dinero y pagos en línea (Bodkhe et al., 2020). Blockchain en sí mismo ha comenzado a difundir una amplia gama de aplicaciones en muchas industrias, incluidas las finanzas, la atención médica, el gobierno, la fabricación y la distribución, permitiendo innovar y transformar una amplia gama de aplicaciones, como transferencia de bienes (cadenas de suminis-

tro), transferencia de medios digitales (ventas de arte), entrega de servicios remotos (viajes y turismo), plataformas, incluida para fuentes de datos y autenticación distribuida (Khan et al., 2020).

Otras aplicaciones de blockchain incluyen recursos distribuidos (generación y distribución), crowdfunding, votación electrónica, gestión de identidades y gestión de libros públicos (Kumar et al., 2020). Si bien la tecnología blockchain muestra un gran potencial para reemplazar muchas plataformas digitales actuales, también tiene algunas limitaciones técnicas, por ejemplo, la escalabilidad es una preocupación importante para las plataformas basadas en blockchain, además del tamaño y la frecuencia de bloque limitados, así como la cantidad de transacciones que la red puede manejar, pueden considerarse un problema de escalabilidad (Kouhizadeh et al., 2019; Mackey et al., 2021).

Este inconveniente radica en que un bloque tiene un tiempo promedio de creación de diez minutos y un límite de tamaño de un megabyte, lo que limita el rendimiento de la red, en ese sentido, la capacidad de escalar este bloque está determinada por el tamaño y la complejidad del rompecabezas matemático independiente de los nodos de la red (Hang & Kim, 2019). Sin embargo, debido al reciente aumento en el tamaño de los bloques generados, el rendimiento de las transacciones se limita efectivamente a dos o cuatro transacciones por segundo. Lo cual permite que surjan retrasos en las transacciones y el aumento de las tarifas (Dimitrov, 2019).

Además, aumentar el tamaño del bloque requiere un espacio de almacenamiento significativo y provoca una propagación más lenta en la red de la cadena de bloques, lo que también genera problemas de centralización y confianza, ya que los usuarios esperan operar y mantener una cadena de bloques tan grande (Alam Khan et al., 2020).

Adicionalmente, Blockchain tiene otros problemas relacionados con; la interoperabilidad, asociado la falta de un protocolo estándar para crear e integrar soluciones basadas en blockchain en la empresa; la privacidad, puesto que las fugas de privacidad también pueden ocurrir en la cadena de bloques, aunque el sistema afirma ser en gran medida seguro, ya que los usuarios solo realizan transacciones utilizando firmas digitales que se unen criptográficamente a claves públicas y privadas; el consumo de energía, entre otras (Ali Syed et al., 2019).

La cadena de bloques también está sujeta a un ataque del 51 % cuando algunos nodos dominan la red y abusan de ella. Además, se cree que la tecnología blockchain puede no alcanzar su punto máximo o ser ampliamente adoptada por las partes interesadas debido a la incertidumbre que surge de la posible regulación gubernamental (Brilliantova & Thurner, 2019). Una de las principales razones podría ser que la naturaleza descentralizada de la cadena de bloques elimina los lazos de intermediarios con los bancos centrales para controlar la economía, lo que no es bueno para el gobierno. Por lo tanto, es necesario proponer algunos medios para solucionar estos problemas en la cadena de bloques (Gupta et al., 2020).

Este estudio se centra en una revisión de la literatura acerca del estado actual de la investigación de blockchain, incluida la arquitectura, las aplicaciones y los desafíos, para tales fines se aborda la estructura del presente estudio de la siguiente manera. Se presentan los principales referentes teóricos de la tecnología blockchain asociados principalmente con su arquitectura y funcionamiento general. Posteriormente, se plantea una metodología para establecer los artículos y publicaciones científicas que fueron tenidos en cuenta para la construcción del presente artículo. Posteriormente se presentan los resultados mencionados las principales aplicaciones del Blockchain fuera de lo que originalmente se pensó para la tecnología y finalmente en las conclusiones y recomendaciones se plantean algunos desafíos para el contexto empresarial actual.

## Referentes Teóricos

Para entender en mejor medida cómo funciona la tecnología blockchain desde lo teórico, se plantean 3 elementos fundamentales de esta, en primera instancia la arquitectura general, en segunda instancia la arquitectura del bloque y en tercera instancia sus principales características.

Los nodos inician transacciones en la red blockchain descentralizada utilizando firmas digitales mediante encriptación de clave privada. Estas transacciones se pueden concebir como una estructura de datos que representa la transferencia de activos digitales entre pares en una red de cadena de bloques (Hastig & Sodhi, 2020).

Todas las transacciones se almacenan en un grupo de transacciones no confirmadas y se distribuyen a través de la red utilizando un protocolo de inun-

dación conocido como “Gossip protocol”. Luego, los nodos deben seleccionar y aprobar estas transacciones en función de algunos criterios preestablecidos. Así, los nodos intentan verificar y validar estas transacciones verificando que el iniciador tenga suficiente saldo para activar la transacción o duplicando el gasto para engañar al sistema (Hughes et al., 2019).

El consumo dual se refiere al uso de la misma cantidad de insumos para dos o más transacciones diferentes. Una vez que los mineros verifican y aprueban la transacción, se incluye en el bloque. Los nodos que utilizan su poder de cómputo para extraer bloques se denominan mineros (Ismail & Materwala, 2019).

Los nodos de minería deben resolver un rompecabezas computacional y usar suficientes recursos computacionales para publicar un bloque. El primer minero en resolver el rompecabezas gana y tiene la oportunidad de crear un nuevo bloque. Los mineros son recompensados por crear un nuevo bloque. Luego, todos los miembros de la red aprueban los nuevos bloques mediante un mecanismo de consenso, una técnica que ayuda a las redes descentralizadas a ponerse de acuerdo sobre ciertos temas (Lee, 2019).

Luego, el nuevo bloque se agrega a la copia local de cada socio de la cadena existente y el libro mayor inmutable. En este punto, la transacción está confirmada. El siguiente bloque está vinculado al bloque recién creado mediante un hash criptográfico. Los bloques ahora se confirman primero y las transacciones se confirman en segundo lugar. Además, las transacciones se reafirman cada vez que se agrega un nuevo bloque a la cadena. Por lo general, una transacción requiere seis confirmaciones en la red para que se considere final (Leng et al., 2021).

En cuanto a la estructura del bloque específicamente, Blockchain consiste en una cadena de bloques que almacena información sobre todas las transacciones, como un libro de contabilidad público. Estos bloques están vinculados entre sí por un hash de referencia que pertenece al bloque anterior, llamado bloque principal. El bloque inicial se denomina bloque de génesis sin un bloque principal. Un bloque consta de un encabezado de bloque y un cuerpo. El encabezado del bloque contiene metadatos como la versión del bloque, el hash del bloque raíz, el hash del árbol Merkle raíz, la marca de tiempo, nBits y nonce (Z. Li et al., 2018).

El cuerpo del bloque consta de un contador y una transacción. El contador de transacciones muestra cuántas transacciones le siguen, y la transacción es la lista de transacciones registradas en el bloque. El número máximo de transacciones que puede contener un bloque depende del tamaño del bloque y del tamaño de cada transacción. La cadena de bloques utiliza un mecanismo criptográfico asimétrico para autenticar las transacciones. Las firmas digitales basadas en criptografía asimétrica se utilizan en entornos no confiables, como las redes de cadena de bloques. En este proceso, cada miembro de la red tiene una clave privada y un par de claves públicas. La clave privada se utiliza para firmar o cifrar una transacción, mientras que la clave pública se distribuye por la red y es visible para todos, lo que ayuda a descifrar la siguiente transacción (Morkunas et al., 2019; Notheisen et al., 2017; Repinskaya & Eremina, 1985).

En cuanto a las características de la tecnología Blockchain, el primero obedece a la descentralización, dado que en los sistemas de transacciones centralizados convencionales, cada transacción debe ser verificada por una autoridad central de confianza (como un banco central). Por lo tanto, la descentralización requiere confianza, que es una preocupación clave, junto con resiliencia, disponibilidad y tolerancia a fallas, donde una arquitectura descentralizada de cadena de bloques entre pares puede ser la mejor solución (Perboli et al., 2018; Thomas, 2014).

A diferencia de un sistema centralizado, una transacción de cadena de bloques se puede realizar entre dos nodos de igual a igual (P2P) sin la validación de la autoridad central. De esta forma, la cadena de bloques puede reducir los problemas de confianza mediante el uso de diferentes procesos de consenso. Además, puede reducir los costos del servidor (incluidos los costos operativos y de desarrollo) y eliminar los cuellos de botella en el rendimiento del servidor principal (Sharma et al., 2019).

En cambio, en muchos casos, blockchain tiene varias desventajas. Por ejemplo, en casos de PoW como Bitcoin y Ethereum, los costos de servidor y energía tienen un grado más alto, mientras que el rendimiento también lo es en menor medida (Viriyasitavat & Hoonsopon, 2019).

La segunda característica es la persistencia, debido a que Blockchain proporciona la infraestructura mediante la cual se puede medir la validez y

permite que tanto los productores como los consumidores demuestren que sus datos son auténticos y no han sido manipulados. Por ejemplo, si Blockchain consta de 10 bloques, no hay bloques. 10 contiene el hash del siguiente bloque anterior y la información del bloque actual utilizada para generar el nuevo bloque. De esta forma todos los bloques quedan conectados e interconectados en la cadena existente. Incluso las transacciones están vinculadas a transacciones anteriores (White, 2017).

Ahora, una simple actualización de cualquier transacción cambiará drásticamente el hash del bloque. Si alguien quiere cambiar alguna información, tiene que cambiar todos los hash del bloque anterior, lo que se considera una tarea astronómica teniendo en cuenta la cantidad de trabajo que hay que hacer. Además, después de que un minero crea un bloque, ese bloque es confirmado por otros usuarios en la red. Por tanto, cualquier manipulación o falsificación de datos será detectada por el sistema de la red. Por esta razón, la cadena de bloques es prácticamente a prueba de manipulaciones y se considera un libro mayor distribuido inmutable (Zhang et al., 2018).

La tercera característica reside en el anonimato, ya que es posible interactuar con la red blockchain utilizando una dirección generada aleatoriamente. Un usuario puede tener varias direcciones en la red Blockchain para no revelar su identidad. Como sistema descentralizado, no existe una autoridad central para controlar o registrar los datos personales de los usuarios. Blockchain proporciona un grado de anonimato debido a su entorno sin confianza (Qu et al., 2019).

La cuarta característica es la auditabilidad, lo que implica que todas las transacciones que tienen lugar en la red blockchain se registran en un libro mayor digital distribuido y se confirman con una marca de tiempo digital. Como resultado, puede verificar y rastrear registros anteriores visitando cualquier nodo en la red. Por ejemplo, todas las transacciones en Bitcoin se pueden rastrear varias veces, lo que facilita la verificación y visualización del estado de los datos en la cadena de bloques. Sin embargo, cuando el dinero fluye a través de varias cuentas, es difícil rastrear el origen (Chaudhary et al., 2019; J. Li et al., 2019; Yang et al., 2020).

## Metodología

La bibliometría es una sub disciplina de la ciencia y proporciona información sobre los re-

sultados del proceso investigador, su volumen, evolución, visibilidad y estructura. Así permiten valorar la actividad científica, y el impacto tanto de la investigación como de las fuentes, (Münch & Gracht, 2021). En ese orden de ideas se pretende realizar un estudio bibliométrico relacionando las aplicaciones del Blockchain en el entorno empresarial, para tal fin se realizó una investigación bibliométrica utilizando las bases de datos Scopus, el 1 de abril de 2023.

De manera específica, el presente estudio se organizó en los siguientes pasos, en primera instancia, se inició con una revisión de la literatura, es decir, una investigación sobre artículos científicos en relación con las aplicaciones del Blockchain en el entorno empresarial utilizando la información científica en el portal Scopus. Algunas de estas referencias se seleccionaron para plantear los referentes teóricos y

la sección inicial. Posteriormente se realizó una encuesta bibliométrica siguiendo los siguientes pasos, filtros de búsqueda; análisis del origen y tipo de los artículos; análisis áreas de investigación; identificación de los autores con más publicaciones e identificación de los autores con más citas.

Los filtros de búsqueda se plantearon en la base de datos científica Scopus arrojando 42,901 registros con la búsqueda “Blockchain” y 149,105 resultados con “Business Applications”. Puesto que el objetivo principal del presente estudio es verificar la relación en conjunto entre la tecnología blockchain en el ámbito empresarial desde una perspectiva bibliométrica, se refino la búsqueda usando el algoritmo de indagación con los términos “business applications” (agregando el booleano) AND “Blockchain”, que obtuvo 2,708 resultados.

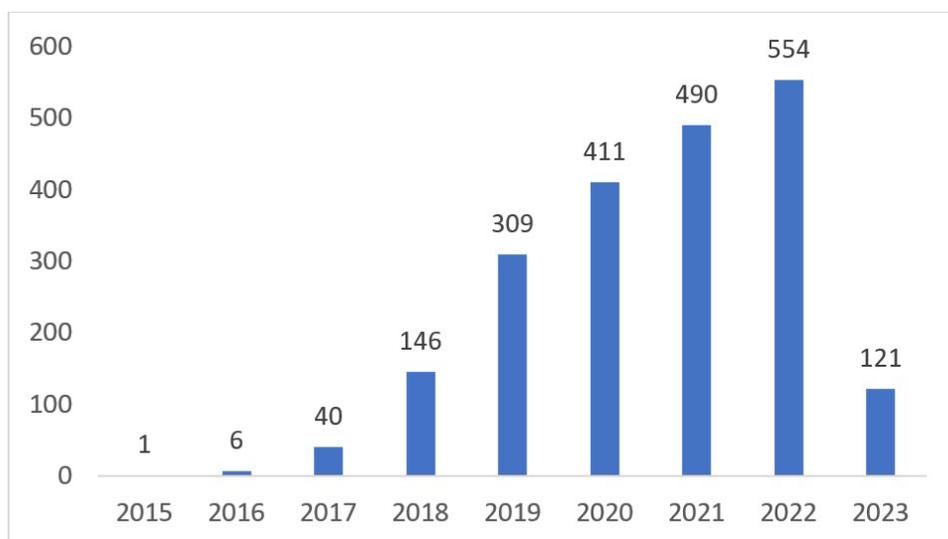


Figura 1. Artículos Analizados por Año  
Fuente: Elaboración propia con base a Scopus.

Como se puede observar en la figura 1, la temática en conjunto fue abordada desde el año 2015, cabe resaltar que, a lo largo de los años, los estudios en donde se relacionan las temáticas en mención han ido aumentando gradualmente, sobre todo, durante los últimos 5 años, donde

la producción de artículos científicos se ha incrementado de forma considerable. Las palabras clave dentro de la investigación propuesta obedecen a términos como cadenas de bloques, contratos inteligentes, internet de las cosas y libro mayor, como se puede observar en la tabla 1.

Tabla 1. Palabras Claves más citadas

Palabras Claves más citadas	N.º de Citación
Blockchain	1,591
Block-chain	530
Smart Contract	245
Internet Of Things	234
Distributed Ledger	178

Fuente: Elaboración propia con base a Scopus.

En cuanto al análisis de origen, el país que más ha estudiado la temática relacionada con la tecnología blockchain en el ámbito empresarial es China presentando un total de 440 registros

en este aspecto, seguido de India con 325 y en tercera posición Estados Unidos con 219, el resto de los primeros 20 países aparece en la tabla 2.

Tabla 2. Países de Origen

País/territorio	Publicaciones
China	440
India	325
United States	219
Germany	125
United Kingdom	110
Italy	88
Australia	82
Canada	62
Russian Federation	53
France	51
Spain	48
South Korea	43
Malaysia	41
Saudi Arabia	39
Turkey	37
Netherlands	32
United Arab Emirates	32
Taiwan	30
Brazil	28

Fuente: Elaboración propia con base a Scopus.

En cuanto al análisis por Categorías temáticas, de los 2070 registros usados para el presente trabajo bibliométrico según las clases designadas por la plataforma científica Scopus, en la búsqueda realizada respecto, la categoría temática que aparece con más frecuencia en la mencionada búsqueda es Negocios, Administración y Conta-

bilidad con 76 registros, seguido de informática con 1453 ítems, posteriormente aparece la categoría conocida como ingeniería con 884 elementos, seguidamente, Ciencias de la decisión con 438 resultados, Empresa, Gestión y Contabilidad con 423, el resto de categorías con menores apariciones aparecen en la tabla 3.

Tabla 3. Categorías según la plataforma científica Scopus

Informática	1453
Ingeniería	884
Ciencias de la Decisión	438
Empresa, Gestión y Contabilidad	423
Matemáticas	347
Ciencias Sociales	223
Economía, Econometría y Finanzas	151
Energía	136

Fuente: Elaboración propia con base a Scopus.

Por su parte, la identificación de las organizaciones con más publicaciones respecto a la temática propuesta se puede observar en la tabla 4.

Tabla 4. Organizaciones con más publicaciones

Chinese Academy of Sciences	20
State Grid Corporation of China	19
Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization	16
Amity University	16
Beijing University of Posts and Telecommunications	14

Fuente: Elaboración propia con base a Scopus.

Los autores que más han tenido relevancia con mayor número de publicaciones de la temática se pueden observar en la siguiente tabla.

Tabla 5. Autores con más publicaciones

Autores	Índice H	Número De publicaciones
Viriyasitavat, W.	18	9
Weber, I.	28	9
Xu, X.	26	8
Xuan, J.	3	8
Gong, Y. Chang, S.E.	14	6

Fuente: Elaboración propia con base a Scopus.

En la tabla 6 aparecen los autores con más citaciones en las temáticas relacionadas en Scopus y por lo tanto tienen mayor relevancia en términos de bibliografía referenciada.

Tabla 6. Veces citado en Scopus

Veces citado en Scopus.	Numero de citas
Christidis, K., Devetsikiotis, M.	2501
Xu, L.D., Xu, E.L., Li, L.	1512
Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., Shen, L.	1241
Andoni, M., Robu, V., Flynn, D., (...), McCallum, P., Peacock, A.	1112
Casino, F., Dasaklis, T.K., Patsakis, C.	964

Fuente: Elaboración propia con base a Scopus.

## Resultados

La tecnología Blockchain se puede utilizar en muchas aplicaciones. Es importante entender que bitcoin no es lo mismo que blockchain, sino una de las aplicaciones más exitosas de la tecnología blockchain. Bitcoin es una moneda digital criptográfica que se negocia en una red blockchain abierta, pública y anónima. Sin embargo, los expertos dicen que la tecnología se puede aplicar para encontrar soluciones en varios campos, como atención médica, votación, gestión de identidad, gobernanza, cadena de suministro, recursos energéticos, cantidad, etc. (Frizzo-Barker et al., 2020).

Además, algunos visionarios también predicen que blockchain puede afectar el ámbito digital al igual que Internet. Cuando apareció Internet, no teníamos idea de cómo cambiaría nuestras vidas para siempre. Nadie sabía cómo cambiaría el mundo con

la invención de Internet, desde los teléfonos inteligentes y los mensajes de texto hasta la transmisión de películas y las videollamadas con sus seres queridos, y la asistencia a reuniones o entrevistas. Actualmente estamos en las primeras etapas de blockchain y aún tenemos que liberar gran parte de su potencial (Moin et al., 2019).

En el área de la salud, la tecnología de registros distribuidos tiene el potencial de transformar los servicios de atención médica. Blockchain se puede usar para rastrear medicamentos y administrar datos de pacientes. Los medicamentos falsificados son un problema grave en la industria farmacéutica. La solución a este problema podría ser Blockchain, ya que todas las transacciones agregadas al libro mayor distribuido son inmutables y tienen un sello de fecha y hora digital, lo que le permite rastrear productos y proteger la información del acceso no autorizado (Z. Zheng et al., 2020).

La gestión de la integridad de los datos de los pacientes es una preocupación importante en la industria de la salud. Cada paciente tiene cambios físicos únicos, por lo que la estrategia de tratamiento para una condición general variará de una situación a otra. Por ello, para dar un trato personalizado es fundamental el acceso a la historia clínica completa de cada paciente. Sin embargo, los datos médicos son muy sensibles y se necesita una plataforma segura para compartirlos (Frizzo-Barker et al., 2020).

El actual sistema de registros médicos carece de privacidad e interoperabilidad. Actualmente, la cadena de bloques puede proporcionar la infraestructura para integrar los registros médicos en los centros de atención médica, así como funciones de integridad de datos con tecnología de registro inmutable (Cai & Lo, 2020).

Blockchain puede crear una base de datos transparente, confiable y segura para almacenar registros médicos digitales, brindando a los pacientes servicios de alta calidad y reduciendo los costos de tratamiento (Qu et al., 2019).

Uno de los principales usos de blockchain en aplicaciones energéticas es la microrred. La microrred es un conjunto local de fuentes y receptores de energía que se integran y controlan para mejorar la eficiencia y la fiabilidad de la producción y el consumo de energía. Las fuentes de energía pueden ser generadores distribuidos, plantas de energía renovable y componentes para el almacenamiento de energía en instalaciones creadas y propiedad de diferentes organizaciones o proveedores de electricidad. Uno de los beneficios clave de la tecnología de microrredes es que no solo permite que los residentes y otros consumidores de electricidad, como las fábricas, accedan a la energía que necesitan, sino que también puede generar y revender el exceso de energía a la red. Blockchain se puede utilizar para facilitar, registrar y verificar las compras de energía en microrredes (Chang et al., 2019).

Del mismo modo, la cadena de bloques se puede utilizar a mayor escala para permitir el comercio de energía desde la red inteligente. En las redes inteligentes equipadas con flujos de comunicación bidireccionales, las cadenas de bloques se pueden usar para respaldar el monitoreo seguro y privado del consumo y las transacciones de energía sin la necesidad de un intermediario central. Los contratos inteligentes se pueden utilizar para proporcionar descripciones programáticas de la flexibilidad

energética esperada, la verificación y la trazabilidad de los contratos que satisfacen la demanda, así como el equilibrio entre la demanda y la producción de energía. Además, la cadena de bloques se puede utilizar para permitir transacciones de energía en el Internet industrial de las cosas (IIoT). En general, el uso de cadenas de bloques para aplicaciones de energía puede reducir los costos de energía, así como aumentar la recuperación (Albayati et al., 2020).

En cuanto al comercio, la tecnología Blockchain puede resolver los problemas de los sistemas de mercado fragmentados, como la interoperabilidad, la confianza y la transparencia. Debido al papel de los corredores, el proceso de gestión y liquidación de transacciones, lleva más de 3 días completar y cerrar todas las operaciones. Como resultado, los participantes del mercado de valores, como comerciantes, reguladores, corredores y bolsas, tienen que pasar por un proceso engorroso. Blockchain podría ser una solución en este sentido. Es posible optimizar el intercambio mediante la descentralización y la automatización. Al eliminar a los intermediarios y acelerar la liquidación de transacciones, las cadenas de bloques pueden ayudar a reducir los costos. Además, la tecnología puede permitir un uso eficiente en la compensación y liquidación de transacciones, facilitando la documentación monótona de transacciones y transferencias de propiedad y procesos posteriores a la entrega. Al implementar contratos inteligentes, blockchain reduce la necesidad de un regulador externo al actuar como el órgano rector de todas las transacciones (Abou Jaoude & George Saade, 2019).

Otra aplicación puede ser en las elecciones o votaciones, dado que Blockchain se puede utilizar en muchas áreas como una solución a los problemas que pueden encontrar las bases de datos estándar. Uno de esos problemas se puede ver en la votación. Recientemente se reveló que un importante fabricante de máquinas de votación de EE. UU. instaló software de acceso remoto en algunos sistemas. Este software permite cambiar votos durante el conteo de votos. Casos como estos levantan sospechas sobre el sistema de votación de EE. UU., como se ve en una encuesta reciente: "Encuesta exclusiva: la mayoría espera interferencia del extranjero en el íterin". Esta encuesta muestra que solo alrededor de una cuarta parte de los estadounidenses cree que su voto contará. La cadena de bloques resuelve este problema al proporcionar un libro mayor distribui-

do que garantiza el conteo de votos, porque el libro mayor pertenece a los votantes al igual que el libro mayor que cuenta el total de votos (Gupta et al., 2020).

En el sector asegurador, Blockchain se puede utilizar para facilitar las transacciones en el mercado de seguros entre múltiples clientes, titulares de pólizas y aseguradoras. Blockchain se puede utilizar para realizar transacciones, comprar y registrar pólizas de seguro, presentar y procesar reclamos y respaldar actividades de reaseguro entre aseguradoras. Varias pólizas de seguro pueden automatizarse a través de contratos inteligentes, lo que puede reducir significativamente los costos administrativos. Por ejemplo, existen altos costos administrativos involucrados en el procesamiento de solicitudes de seguros. En muchos casos, la gestión de reclamaciones puede ser un proceso muy complicado debido a las incoherencias y malas interpretaciones de los términos (Chang et al., 2019).

Los contratos inteligentes pueden resolver estos problemas mediante la creación de pólizas de seguro en relaciones “si-entonces” más precisas. Estas pólizas automatizan el cumplimiento de protocolos digitales que ejecutan con precisión las pólizas de seguro acordadas, minimizando así el esfuerzo y costo de cumplirlas. Con esta reducción, las compañías de seguros también pueden reducir el costo de sus productos de seguros y volverse más competitivas para atraer a más clientes. Al mismo tiempo, permite a las aseguradoras implementar nuevos productos de seguros automatizados para sus clientes sin preocuparse demasiado por los costos y los costos administrativos. Además, blockchain permite que las compañías de seguros se expandan por todo el mundo (Hastig & Sodhi, 2020).

En cuanto a la gestión de la identidad y la autenticación de los usuarios, se tiene que, en el mundo real, la identidad se puede verificar mediante documentos de identificación como la licencia de conducir, la tarjeta de identificación y el pasaporte. Sin embargo, apenas existen sistemas igualmente efectivos para proteger los datos personales en línea. Blockchain puede ayudar a resolver este problema (Kouhizadeh et al., 2019).

Esta tecnología se puede utilizar para crear una plataforma que proteja la identidad de una persona contra el robo o reduzca la actividad fraudulenta. Blockchain podría permitir a las personas crear identidades cifradas que no requieren nombre de usuario ni contraseña, proporcionar más funciones

de seguridad y controlar el acceso a su información personal. Al combinar la verificación de identidad con el principio de blockchain descentralizado, es posible crear una identidad digital (Dutta et al., 2020).

Esta identificación se puede asignar a cualquier transacción en línea de la misma manera que una marca de agua. Por lo tanto, ayudará a las organizaciones a detectar y reducir la posibilidad de fraude al verificar la autenticidad de cada transacción en tiempo real. Las soluciones de administración de identidades basadas en blockchain pueden permitir a los consumidores acceder y verificar los pagos en línea solo a través de la aplicación de autenticación en lugar de usar nombres de usuario y contraseñas o métodos biométricos de nacimiento (Khan et al., 2020).

## Conclusiones

Hoy en día, blockchain se ha convertido en una de las palabras de moda tanto en los negocios como en la tecnología. Se considera una tecnología que revolucionará el sector financiero por su capacidad de operar sin una autoridad central o intermediario. Además, también se dice que blockchain es útil en otras industrias gracias a su capacidad para almacenar datos a prueba de manipulaciones y administrar de manera efectiva una gran cantidad de registros. Sin embargo, al igual que otras tecnologías emergentes, blockchain tiene limitaciones y no es adecuado para muchos tipos de modelos comerciales.

Una de las limitaciones considerables está asociada con rendimiento y escalabilidad, en el sentido que, aunque las soluciones de criptomonedas y blockchain para diferentes modelos comerciales están ganando popularidad, sin embargo, existen preocupaciones sobre si podrán satisfacer la creciente demanda de varios sectores empresariales y gubernamentales, especialmente en lo que respecta al rendimiento y la escalabilidad. Recientemente, los investigadores han estado trabajando para abordar los problemas de escalabilidad relacionados con la cantidad de copias en la red, así como problemas de rendimiento como el rendimiento (transacciones por segundo) y la confiabilidad del retraso (tiempo requerido para agregar un bloque de transacciones).

Aumentar la cantidad de réplicas puede tener un impacto negativo en el rendimiento y la latencia, ya que la red tiene que manejar un mayor tráfico y procesamiento de mensajes. Si bien los protocolos como PoW pueden garantizar la escalabilidad, tie-

nen un bajo rendimiento y una alta latencia. Este cuello de botella ocurre porque se desperdician recursos resolviendo acertijos criptográficos al publicar un bloque y agregar ese bloque a la cadena.

Por ejemplo, Bitcoin es un protocolo basado en PoW que puede escalar a una gran cantidad de réplicas. Por el contrario, ofrece un desempeño pobre, considerando solo de 6 a 10 transacciones por segundo (quizás menos dependiendo de la complejidad de la red) y puede generar bloques en promedio en 10 minutos. Otra desventaja de este proceso de consenso es que utiliza muchos procesadores y por lo tanto provoca un alto consumo de energía.

También existe el riesgo de múltiples bifurcaciones en el protocolo PoW, lo que puede conducir a un problema de doble gasto. Como resultado, el cliente debe esperar 60 minutos o seis bloques de confirmación para asegurarse de que la transacción se complete en una cadena más larga. Esto hace que la vida útil de la transacción sea bastante larga y puede que no sea factible en aplicaciones del mundo real.

El protocolo PBFT puede llegar a un consenso cuando hay copias maliciosas en varias rondas de mensajes. Por lo general, un PBFT que utiliza una réplica como réplica principal propondrá un bloque y, si dos tercios de todos los pares de la red llegan a un consenso, ese bloque se agregará a la cadena. Además, PBFT no permite la bifurcación en el proceso de consenso. Este enfoque es sostenible en términos de eficiencia energética, pero carece de sostenibilidad. PBFT tiene una complejidad de mensaje cuadrática que requiere transmitir  $n \times n$  para  $n$  réplicas. Si bien esta sobrecarga garantiza el consenso para copias maliciosas o errores bizantinos, plantea problemas de escalabilidad. Cada plataforma normal tiene que procesar cientos, miles de transacciones por segundo. De lo contrario, la economía no podría crecer sin graves retrasos para los consumidores y las empresas, lo que demuestra que la escalabilidad y la eficiencia son las principales preocupaciones de esta nueva tecnología.

Mientras tanto, debido a que el tamaño del bloque es muy pequeño, muchas transacciones pequeñas pueden retrasarse ya que los mineros prefieren transacciones con tarifas de transacción altas. El tamaño del bloque es limitado, por ejemplo, el bloque de Bitcoin es de 1 MB. Si bien este enfoque pretende hacer que la plataforma sea más segura, ralentiza significativamente el proceso de transacción en comparación con otros sistemas existentes.

El tamaño de bloque limitado no permite el procesamiento de múltiples transacciones al mismo tiempo. El teorema DCS (jerárquico, consistente y escalable) propuesto por Xu et al., (2018) también destaca problemas de escalabilidad como el tamaño del bloque. Usando el triángulo DCS, demostraron que un sistema de cadena de bloques descentralizado no puede tener todas las propiedades de DCS a la vez. Blockchain puede cumplir 2 requisitos de la estructura DCS. Sin embargo, ofrece un ancho de banda bajo y una latencia alta, como un volumen bajo y una velocidad de transacción lenta.

Otro aspecto por mejorar obedece a la privacidad, puesto que, se supone que Blockchain garantiza la seguridad y la privacidad de la información personal confidencial porque los usuarios pueden realizar transacciones utilizando la dirección generada en lugar de utilizar su identidad real. Sin embargo, algunos investigadores argumentan que la cadena de bloques puede ser sensible a la seguridad de la transacción, ya que la clave pública para iniciar la transacción es visible para otros participantes en la red. Si bien se cree que los socios pueden permanecer en el anonimato en la red Blockchain, algunos estudios recientes en la plataforma Bitcoin han demostrado que los historiales de transacciones pueden vincularse para revelar la identidad real del participante.

La razón principal por la que blockchain es vulnerable a las fugas de información es que los detalles y saldos de todas las claves públicas son visibles para todos en la red. Por lo tanto, los requisitos de privacidad y seguridad deben especificarse al comienzo de una aplicación Blockchain.

En otro contexto, la interoperabilidad también es una limitación para la tecnología blockchain, en el sentido que no existe un protocolo estándar que les permita cooperar e integrarse entre sí. Esta situación se conoce como falta de interoperabilidad y tiene un impacto negativo en el desarrollo de la industria de la cadena de bloques. Por esta razón, en lugar de ofrecer diferentes soluciones prácticas para diferentes modelos de negocios, las criptomonedas siguen siendo la base principal de la tecnología blockchain.

Si bien la falta de interoperabilidad permite a los desarrolladores de cadenas de bloques codificar libremente en diferentes plataformas de desarrollo, todas estas redes están aisladas y no pueden interactuar entre sí.

Tomando en consideración el consumo de energía, el algoritmo de Prueba de trabajo (PoW) ha permitido que bitcoin realice transacciones entre pares en un entorno descentralizado y distribuido sin necesidad de confianza. Sin embargo, mientras hace este trabajo, la computadora del minero usa una gran cantidad de electricidad. Para proporcionar información sobre esta naturaleza volátil del algoritmo PoW, se creó el Índice de consumo de energía de Bitcoin. El mecanismo de incentivos motiva a personas de todo el mundo a extraer bitcoins. El proceso de minería proporciona una fuerte fuente de ingresos que incentiva a las personas a utilizar equipos de alto consumo energético para la minería. Como resultado, el consumo total de energía de la red Bitcoin alcanzó un nuevo pico junto con el valor de la criptomoneda. Según un informe publicado por la Agencia Internacional de Energía, el uso total de la red Bitcoin es mayor que el de algunos países.

Otro aspecto fundamental de la tecnología blockchain obedece a la justicia y seguridad, debido a la inmadurez de la tecnología, existen vulnerabilidades que dejan a los usuarios vulnerables a los ciberdelincuentes. Los ataques del 51% son uno de los problemas de seguridad de blockchain más conocidos. En un ataque del 51 %, uno o más atacantes controlan el hashrate de la cadena de bloques. Con un hashing más rápido, pueden cancelar transacciones para duplicar el costo y evitar que otros mineros confirmen el bloque.

La minería egoísta es otro método engañoso del pool de minería para aumentar la recompensa del bloque, lo que reduce la integridad de la red blockchain. Aunque se cree que los nodos maliciosos con más del 51 % de la potencia informática pueden controlar la red blockchain, Mackey et al., (2021) propuso una red de cadena de bloques que aún podría ser vulnerable si alguien quisiera engañar a una pequeña cantidad de potencia informática. Durante la minería egoísta, un solo minero o un grupo de mineros pueden iniciar el proceso sin transferir bloques verificados al resto de la red. De esta forma, continúan el proceso de minar el siguiente bloque para mantener el liderazgo. Las claves resueltas se hacen públicas solo después de que se cumplan ciertos requisitos.

De esta manera, la cadena del minero egoísta se vuelve más larga y compleja, lo que hace que la red acepte su decisión mientras que otros mineros derrochan sus recursos en una rama inútil. Al final, los mineros egoístas exigen ingresos extra. Esto atrae

a los mineros racionales a unirse a una cadena más larga, lo que puede generar un 51 % más de poder egoísta. Se han propuesto muchas otras estrategias de minería basadas en la minería egoísta que muestran que la cadena de bloques no es segura.

Dimitrov, (2019) propusieron una estrategia de minería persistente que podría generar un rendimiento del 13 % en comparación con la minería egoísta. Su estrategia muestra cómo un minero puede aumentar aún más sus ganancias al combinar ataques de minería con ataques de eclipse a nivel de red de una manera no trivial. Un estudio realizado por Sapirshstein y otros ha demostrado que incluso con menos del 25 % de los recursos informáticos, los atacantes aún pueden aprovechar las vulnerabilidades egoístas. Sin embargo, White, (2017) presentó un enfoque único de mineros honestos para elegir una industria para resolver el problema de la minería egoísta

Muchas plataformas de cadenas de bloques conocidas han demostrado ser resistentes a los ataques y tienen muy pocos errores críticos. Sin embargo, las aplicaciones creadas sobre ellas (como los contratos inteligentes) siguen siendo propensas a errores, lo que puede tener graves consecuencias. Hasta que se aborden estos riesgos de seguridad, los usuarios potenciales seguirán siendo cautelosos y se retrasará la adopción masiva.

Otro aspecto importante obedece a las cuestiones legales actuales, debido a que las plataformas de cadena de bloques como las criptomonedas se enfrentan a problemas frecuentes. La razón es que las características de este sistema descentralizado debilitan la capacidad de los bancos centrales para gobernar la política económica, lo que hace que el gobierno sea cauteloso con la tecnología blockchain. Por ejemplo, muchos gobiernos amenazan o incluso prohíben las criptomonedas en sus territorios. Bitcoin está prohibido en países como Pakistán, Irán, Ecuador y Marruecos, y algunos titulares de bitcoins han sido detenidos en Bangladesh.

Es así que se plantearon los principales retos, desafíos y líneas futuras de investigación en lo vinculado con el Blockchain y sus posibles aplicaciones en el contexto empresarial, sin embargo, todavía quedan muchos temas por desarrollar y se espera que la revolución de esta tecnología permita un mundo empresarial basado en la confianza y la eficiencia de los procesos.

## Referencias

- Abou Jaoude, J., & George Saade, R. (2019). Blockchain applications - Usage in different domains. *IEEE Access*, 7(c), 45360–45381. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2902501>
- Alam Khan, F., Asif, M., Ahmad, A., Alharbi, M., & Aljuaid, H. (2020). Blockchain technology, improvement suggestions, security challenges on smart grid and its application in healthcare for sustainable development. *Sustainable Cities and Society*, 55(December 2019), 102018. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102018>
- Albayati, H., Kim, S. K., & Rho, J. J. (2020). Accepting financial transactions using blockchain technology and cryptocurrency: A customer perspective approach. *Technology in Society*, 62, 101320. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101320>
- Ali Syed, T., Alzahrani, A., Jan, S., Siddiqui, M. S., Nadeem, A., & Alghamdi, T. (2019). A Comparative Analysis of Blockchain Architecture and its Applications: Problems and Recommendations. *IEEE Access*, 7, 176838–176869. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2957660>
- Bodkhe, U., Tanwar, S., Parekh, K., Khanpara, P., Tyagi, S., Kumar, N., & Alazab, M. (2020). Blockchain for Industry 4.0: A comprehensive review. *IEEE Access*, 8, 79764–79800. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988579>
- Brilliantova, V., & Thurner, T. W. (2019). Blockchain and the future of energy. *Technology in Society*, 57, 38–45. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2018.11.001>
- Cai, Y. J., & Lo, C. K. Y. (2020). Omni-channel management in the new retailing era: A systematic review and future research agenda. *International Journal of Production Economics*, 229(March), 107729. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107729>
- Chang, S. E., Chen, Y. C., & Lu, M. F. (2019). Supply chain re-engineering using blockchain technology: A case of smart contract based tracking process. *Technological Forecasting and Social Change*, 144(March 2018), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.03.015>
- Chaudhary, R., Jindal, A., Aujla, G. S., Aggarwal, S., Kumar, N., & Choo, K. K. R. (2019). BEST: Blockchain-based secure energy trading in SDN-enabled intelligent transportation system. *Computers and Security*, 85, 288–299. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2019.05.006>
- Dimitrov, D. V. (2019). Blockchain applications for healthcare data management. *Healthcare Informatics Research*, 25(1), 51–56. <https://doi.org/10.4258/hir.2019.25.1.51>
- Dutta, P., Choi, T. M., Somani, S., & Butala, R. (2020). Blockchain technology in supply chain operations: Applications, challenges and research opportunities. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 142(July), 102067. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102067>
- Fosso Wamba, S., Kala Kamdjoug, J. R., Epie Bawack, R., & Keogh, J. G. (2020). Bitcoin, Blockchain and Fintech: a systematic review and case studies in the supply chain. *Production Planning and Control*, 31(2–3), 115–142. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1631460>
- Fraga-Lamas, P., & Fernández-Caramés, T. M. (2019). A Review on Blockchain Technologies for an Advanced and Cyber-Resilient Automotive Industry. *IEEE Access*, 7(c), 17578–17598. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2895302>
- Frizzo-Barker, J., Chow-White, P. A., Adams, P. R., Mentanko, J., Ha, D., & Green, S. (2020). Blockchain as a disruptive technology for business: A systematic review. *International Journal of Information Management*, 51(April), 0–1. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.10.014>

- Gupta, R., Tanwar, S., Al-Turjman, F., Italiya, P., Nauman, A., & Kim, S. W. (2020). Smart Contract Privacy Protection Using AI in Cyber-Physical Systems: Tools, Techniques and Challenges. *IEEE Access*, 8, 24746–24772. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2970576>
- Hang, L., & Kim, D. H. (2019). Design and implementation of an integrated iot blockchain platform for sensing data integrity. *Sensors (Switzerland)*, 19(10). <https://doi.org/10.3390/s19102228>
- Hastig, G. M., & Sodhi, M. M. S. (2020). Blockchain for Supply Chain Traceability: Business Requirements and Critical Success Factors. *Production and Operations Management*, 29(4), 935–954. <https://doi.org/10.1111/poms.13147>
- Hughes, A., Park, A., Kietzmann, J., & Archer-Brown, C. (2019). Beyond Bitcoin: What blockchain and distributed ledger technologies mean for firms. *Business Horizons*, 62(3), 273–281. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2019.01.002>
- Ismail, L., & Materwala, H. (2019). A review of blockchain architecture and consensus protocols: Use cases, challenges, and solutions. *Symmetry*, 11(10). <https://doi.org/10.3390/sym11101198>
- Khan, L. U., Yaqoob, I., Imran, M., Han, Z., & Hong, C. S. (2020). 6G Wireless Systems: A Vision, Architectural Elements, and Future Directions. *IEEE Access*, 8, 147029–147044. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3015289>
- Kouhizadeh, M., Sarkis, J., & Zhu, Q. (2019). At the nexus of blockchain technology, the circular economy, and product deletion. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(8). <https://doi.org/10.3390/app9081712>
- Kumar, A., Liu, R., & Shan, Z. (2020). Is Blockchain a Silver Bullet for Supply Chain Management? Technical Challenges and Research Opportunities. *Decision Sciences*, 51(1), 8–37. <https://doi.org/10.1111/deci.12396>
- Lee, J. Y. (2019). A decentralized token economy: How blockchain and cryptocurrency can revolutionize business. *Business Horizons*, 62(6), 773–784. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2019.08.003>
- Leng, J., Ye, S., Zhou, M., Zhao, J. L., Liu, Q., Guo, W., Cao, W., & Fu, L. (2021). Blockchain-Secured Smart Manufacturing in Industry 4.0: A Survey. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 51(1), 237–252. <https://doi.org/10.1109/TSMC.2020.3040789>
- Li, J., Greenwood, D., & Kassem, M. (2019). Blockchain in the built environment and construction industry: A systematic review, conceptual models and practical use cases. *Automation in Construction*, 102(February), 288–307. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.02.005>
- Li, Z., Wang, W. M., Liu, G., Liu, L., He, J., & Huang, G. Q. (2018). Toward open manufacturing a cross-enterprises knowledge and services exchange framework based on blockchain and edge computing. *Industrial Management and Data Systems*, 118(1), 303–320. <https://doi.org/10.1108/IMDS-04-2017-0142>
- Mackey, T. K., Kuo, T. T., Gummadi, B., Clauson, K. A., Church, G., Grishin, D., Obbad, K., Barkovich, R., & Palombini, M. (2021). Fit-for-Purpose?-Challenges and Opportunities for Applications of Blockchain Technology in the Future of Healthcare. *Advances in Clinical Immunology, Medical Microbiology, COVID-19, and Big Data*, 583–609.
- Moin, S., Karim, A., Safdar, Z., Safdar, K., Ahmed, E., & Imran, M. (2019). Securing IoTs in distributed blockchain: Analysis, requirements and open issues. *Future Generation Computer Systems*, 100, 325–343. <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.05.023>
- Morkunas, V. J., Paschen, J., & Boon, E. (2019). How blockchain technologies impact your business model. *Business Horizons*, 62(3), 295–306. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2019.01.009>

- Münch, C., & Gracht, H. A. (2021). A bibliometric review of scientific theory in futures and foresight: A commentary on Ferngani and Chermack 2021. *Futures & Foresight Science*, 3(3–4). <https://doi.org/10.1002/ffo2.88>
- Notheisen, B., Cholewa, J. B., & Shanmugam, A. P. (2017). Trading Real-World Assets on Blockchain: An Application of Trust-Free Transaction Systems in the Market for Lemons. *Business and Information Systems Engineering*, 59(6), 425–440. <https://doi.org/10.1007/s12599-017-0499-8>
- Perboli, G., Musso, S., & Rosano, M. (2018). Blockchain in Logistics and Supply Chain: A Lean Approach for Designing Real-World Use Cases. *IEEE Access*, 6, 62018–62028. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2875782>
- Qu, Y. J., Ming, X. G., Liu, Z. W., Zhang, X. Y., & Hou, Z. T. (2019). Smart manufacturing systems: state of the art and future trends. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 103(9–12), 3751–3768. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03754-7>
- Repinskaya, R. P., & Eremina, N. S. (1985). Effect of Filtration of Small-Scale Disturbances in the H//5//0//0 Field on the Integration of Equations of a Barotropic Nongeostrophic Model. *Soviet Meteorology and Hydrology*, 9(1), 31–35.
- Sharma, P. K., Kumar, N., & Park, J. H. (2019). Blockchain-Based Distributed Framework for Automotive Industry in a Smart City. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 15(7), 4197–4205. <https://doi.org/10.1109/TII.2018.2887101>
- Thomas, G. (2014). A Decentralized World. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 11, 17–19.
- Viriyasitavat, W., & Hoonsopon, D. (2019). Blockchain characteristics and consensus in modern business processes. *Journal of Industrial Information Integration*, 13(July), 32–39. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2018.07.004>
- White, G. R. T. (2017). Future applications of blockchain in business and management: A Delphi study. *Strategic Change*, 26(5), 439–451. <https://doi.org/10.1002/jsc.2144>
- Xu, L. Da, Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: State of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2941–2962. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806>
- Yang, R., Wakefield, R., Lyu, S., Jayasuriya, S., Han, F., Yi, X., Yang, X., Amarasinghe, G., & Chen, S. (2020). Public and private blockchain in construction business process and information integration. *Automation in Construction*, 118(May), 103276. <https://doi.org/10.1016/j.aut-con.2020.103276>
- Zhang, Y., Deng, R. H., Liu, X., & Zheng, D. (2018). Blockchain based efficient and robust fair payment for outsourcing services in cloud computing. *Information Sciences*, 462, 262–277. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2018.06.018>
- Zheng, W., Zheng, Z., Chen, X., Dai, K., Li, P., & Chen, R. (2019). NutBaaS: A Blockchain-As-A-Service Platform. *IEEE Access*, 7, 134422–134433. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2941905>
- Zheng, Z., Xie, S., Dai, H. N., Chen, W., Chen, X., Weng, J., & Imran, M. (2020). An overview on smart contracts: Challenges, advances and platforms. *Future Generation Computer Systems*, 105, 475–491. <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.12.019>