

Systematic review on the inclusion of technological tools in the Health Sector Supply Chain (CSSS)

Alexis Castillo-Arce, Bach.¹, Hendrick Patrick Sanchez-Zavalaga, Bach.¹, Katheryne Nuñez-Bardales, Mg.¹, Henry Obregon-Tinoco, Mg.¹, Antony Bazan-Aguilar, Dr.¹.

¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú, u19303093@utp.edu.pe, u20204279@utp.edu.pe, knunez@utp.edu.pe, c28272@utp.edu.pe, abazana@utp.edu.pe

Abstract – *This research project analyzes the incorporation of technological tools and their impact on supply chain efficiency in the healthcare sector. The methodology used was qualitative research, based on a systematic literature review with exhaustive searches in electronic databases such as Scopus and ScienceDirect. Keywords were defined using the PICOC tool, which allowed us to identify 63 articles that met the inclusion criteria established in the PRISMA diagram.*

Through bibliometric analysis, the concepts and applications of technological tools were explored, as well as their main advantages, challenges, and barriers to adoption. The results showed positive impacts, such as improved demand forecasting, optimized inventory management, and strengthened trust among partners, and increased transparency and traceability of medical products. However, obstacles were also identified, such as lack of awareness, resistance to technological change, lack of government policies, financial constraints, and concerns about data privacy.

Likewise, a growing adoption of emerging technologies was observed, with artificial intelligence (AI) and blockchain technology standing out as the most widely used independently. Furthermore, a trend toward technological integration was identified, with the combination of IoT and blockchain being the most significant. Finally, the main barriers to the adoption of these technologies in the Peruvian context were assessed.

Keywords: *supply chain, technological tools, impacts, health sector, efficiency*

Revisión sistemática sobre la inclusión de herramientas tecnológicas en la cadena de suministro del sector salud (CSSS)

Alexis Castillo-Arce, Bach.¹, Hendrick Patrick Sanchez-Zavalaga, Bach.¹, Katherlyne Nuñez-Bardales, Mg.¹, Henry Obregon-Tinoco, Mg.¹, Antony Bazan-Aguilar, Dr.¹.

¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú, u19303093@utp.edu.pe, u20204279@utp.edu.pe, knunez@utp.edu.pe, c28272@utp.edu.pe, abazana@utp.edu.pe

Abstract – *This research project analyzes the incorporation of technological tools and their impact on supply chain efficiency in the healthcare sector. The methodology used was qualitative research, based on a systematic literature review with exhaustive searches in electronic databases such as Scopus and ScienceDirect. Keywords were defined using the PICOC tool, which allowed us to identify 63 articles that met the inclusion criteria established in the PRISMA diagram.*

Through bibliometric analysis, the concepts and applications of technological tools were explored, as well as their main advantages, challenges, and barriers to adoption. The results showed positive impacts, such as improved demand forecasting, optimized inventory management, and strengthened trust among partners, and increased transparency and traceability of medical products. However, obstacles were also identified, such as lack of awareness, resistance to technological change, lack of government policies, financial constraints, and concerns about data privacy.

Likewise, a growing adoption of emerging technologies was observed, with artificial intelligence (AI) and blockchain technology standing out as the most widely used independently. Furthermore, a trend toward technological integration was identified, with the combination of IoT and blockchain being the most significant. Finally, the main barriers to the adoption of these technologies in the Peruvian context were assessed.

Keywords: *supply chain, technological tools, impacts, health sector, efficiency*

I. INTRODUCCIÓN

En el contexto actual, la transformación digital está generando una revolución en la gestión de la cadena de suministro en el sector salud, convirtiéndose en un pilar fundamental para mejorar la eficiencia operativa, optimizar la gestión de recursos críticos y garantizar la trazabilidad de los productos médicos. La incorporación de herramientas tecnológicas, como la inteligencia artificial (IA), blockchain e Internet de las cosas (IoT), ofrece nuevas posibilidades para afrontar los retos de aprovisionamiento, distribución y control de calidad en un entorno del sector salud en constante evolución [1].

No obstante, la adopción de estas tecnologías no está exenta de desafíos. Factores como la resistencia al cambio, la falta de concientización [2]. Así como también, la ausencia de políticas gubernamentales claras y las limitaciones financieras representan barreras significativas, especialmente en países con infraestructura limitada como Perú [3]. Comprender estos aspectos es esencial para impulsar una transición tecnológica

exitosa que permita mejorar la eficacia y sostenibilidad del sistema de salud.

En este contexto, la presente investigación se enfoca en analizar el impacto de las herramientas tecnológicas en la cadena de suministro del sector salud, identificando tanto los beneficios como los obstáculos asociados a su adopción. Mediante una revisión sistemática de la literatura, se exploran las tendencias más relevantes y emergentes, así como las mejores prácticas aplicadas a nivel global y su potencial adaptación al contexto peruano.

Este estudio tiene como finalidad proporcionar un marco referencial base para la toma de decisiones estratégicas, fomentando la modernización y optimización de la cadena de suministro del sector salud, en beneficio de la calidad y eficiencia del servicio de salud.

II. METODOLOGÍA

La presente investigación adoptó un enfoque cualitativo, basado en una revisión sistemática de la literatura para analizar el impacto de las herramientas tecnológicas en la cadena de suministro del sector salud. Se siguieron los lineamientos del modelo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) para garantizar la rigurosidad y transparencia en el proceso de selección y análisis de los estudios.

A. Definición del Protocolo de Búsqueda

El protocolo de búsqueda se diseñó utilizando la herramienta PICOC (Población, Intervención, Comparador, Resultado y Contexto), lo que permitió definir criterios claros para la selección de estudios:

Población: Cadena de suministro del sector salud.

- 1) **Intervención:** Implementación de herramientas tecnológicas a nivel hardware (Impresión 3D, RFID, drones), software (computación en la nube, Bigdata, inteligencia artificial, blockchain) y hardware-software (Internet de las cosas - IoT)
- 2) **Resultado:** Definición de las palabras claves.
- 3) **Contexto:** Global, con especial atención al contexto peruano.

B. Fuentes de Información

Las búsquedas se realizaron en bases de datos académicas reconocidas por su contenido en ciencias de la salud y tecnología: *Scopus* y *ScienceDirect*.

C. Criterios de Inclusión y Exclusión

Se establecieron los siguientes criterios para la selección de los estudios:

- 1) *Criterios de inclusión:* Artículos publicados entre 2013 y 2023. Estudios enfocados en la aplicación de tecnologías en la cadena de suministro del sector salud (artículos en inglés y español). En la Tabla X, se muestra mayor detalle sobre los criterios de inclusión.
- 2) *Criterios de exclusión:* Estudios que no aborden tecnologías aplicadas específicamente al sector salud. Investigaciones duplicadas o con datos incompletos.

TABLA I
CRITERIOS DE ELEGIBILIDAD

Descripción	Criterio
Criterios de inclusión	1.- Herramientas Tecnológicas
	2.- Cadena de suministro
	3.- Sector Salud
	4.- Impactos en la inserción tecnológica
	5.- Indicadores que abordan costos, eficiencia o seguridad

TABLA II
SELECCIÓN DE LAS PALABRAS CLAVES

	PICOC	PALABRAS CLAVES
P Población	Cadena de suministro	supply chain
I Intervención	Inclusión de herramientas tecnológicas	Technology; Technological tools; technology resources; technological devices; technology software
C Comparación	Sin comparación	-
O Resultados	Determinar los impactos generados por la inclusión de herramientas tecnológicas para aumentar la eficiencia en el sector salud	Impact; effect; cost; efficiency; security; safety
C Contexto	Organizaciones del sector salud	Health sector; healthcare sector; health institutions; healthcare company

- Revisión de títulos y resúmenes.
- Evaluación del texto completo.
- Análisis de relevancia y calidad metodológica.

F. Análisis de Datos

Se realizó un análisis bibliométrico para identificar tendencias tecnológicas, ventajas, desafíos y barreras de adopción. Además, se empleó un enfoque temático para categorizar los hallazgos y proporcionar una visión integral sobre el impacto de las tecnologías emergentes.

Se calificaron como adecuados 92 artículos, habiendo anteriormente eliminado 2 duplicados de ambas bases de datos. Después, se comenzó a revisar las investigaciones evaluadas para la elegibilidad y se descartaron 29 publicaciones, sobre todo porque se basaban en áreas temáticas que no cumplían con los criterios mencionados anteriormente. Por último, se seleccionaron 63 papers que acatan con los requisitos de inclusión para llevar a efecto la revisión sistemática. En la figura 2, se representa de manera gráfica de las actividades correspondientes a los estándares del Flujo Prisma.

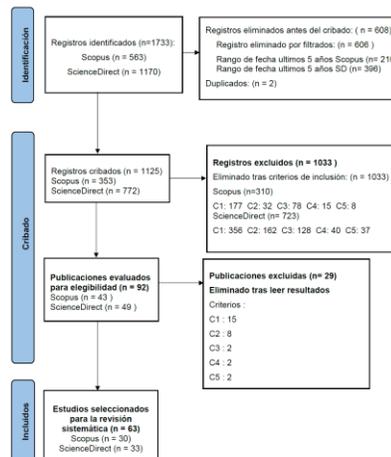


Fig. 2 Diagrama de Flujo Prisma

D. Etapas de la Investigación

En la Figura 1, se muestran las etapas de la investigación

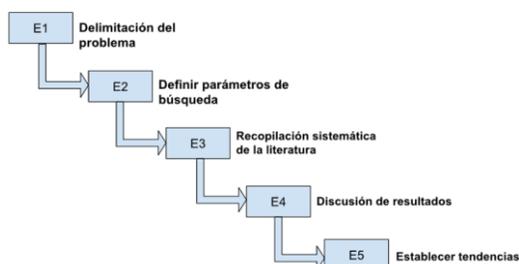


Fig. 1 Etapas de la investigación

E. Proceso de Selección

Se identificaron 63 artículos que cumplían con los criterios establecidos mediante la aplicación del diagrama PRISMA. Los estudios fueron evaluados en tres etapas:

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

A. Análisis Bibliométrico

La revisión sistemática de la literatura arrojó resultados significativos sobre el impacto de las herramientas tecnológicas en la cadena de suministro del sector salud. Para facilitar la síntesis y organización de la información, las tecnologías identificadas se han clasificado en tres categorías principales: Hardware, Software y Hardware/Software que son mostradas en la Tabla III.

TABLA III
CATEGORIAS DEL ANALISIS BIBLIOMETRICO

Categorías	Subcategorías	Herramientas Tecnológicas
Hardware	Hardware de Sensores	- Impresión 3D
		- RFID
		- Drones
Software	Software de Información	- Computación en la Nube
		- Big Data
		- Inteligencia Artificial

		- Blockchain
Mixta (Hardware/Software)	Tecnologías de interconexión	- Internet de las cosas (IoT)

Cada una de estas categorías se desglosa en subcategorías más específicas:

- 1) *Hardware de sensores*: Dispositivos físicos utilizados para la captura de datos en tiempo real.
- 2) *Software de información*: Aplicaciones orientadas a la gestión y análisis de datos.
- 3) *Software de seguridad*: Herramientas enfocadas en la protección de la información y la privacidad.
- 4) *Tecnologías de interconexión*: Soluciones que permiten la integración y comunicación entre dispositivos y sistemas. A continuación, se presentan los principales hallazgos:

En la Fig. 3 se muestra una representación gráfica de una red neuronal construida a partir de los 63 artículos analizados. Cada nodo de la red simboliza un artículo, y las conexiones entre ellos reflejan el grado de relación e influencia entre los estudios. El grosor de los círculos y las líneas representa la fuerza y relevancia de cada tecnología dentro del sector salud, permitiendo visualizar cómo fluyen y se interconectan las distintas herramientas tecnológicas. Esta estructura gráfica facilita la comprensión del ecosistema tecnológico y su impacto en la cadena de suministro del sector salud.

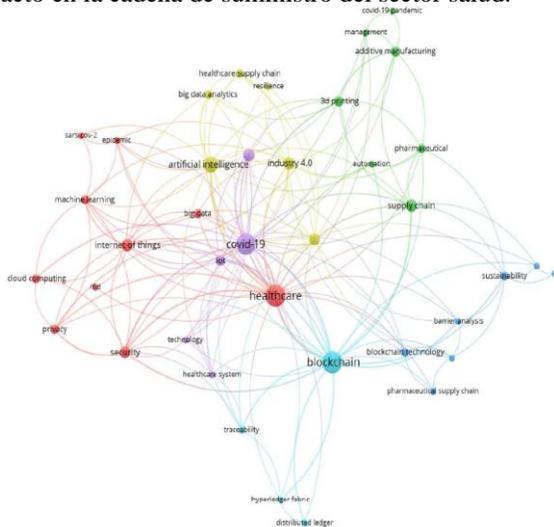


Fig. 3 Red neuronal de las herramientas tecnológicas

B. Impactos Positivos de las Herramientas Tecnológicas

Los estudios analizados demostraron que la adopción de tecnologías avanzadas tiene múltiples beneficios.

1) Categoría Hardware

- Impresión 3D

La impresión 3D, también conocida como fabricación aditiva, construye objetos tridimensionales capa por capa, a diferencia de los métodos tradicionales sustractivos. [4] Su aplicación es crucial para mitigar la escasez de suministros médicos en la cadena de suministro del sector salud (CSSS), especialmente

durante emergencias. [5], [6] destacan su capacidad para revolucionar la producción farmacéutica mediante la fabricación rápida y personalizada, reduciendo tiempos de entrega y actores involucrados. Durante la pandemia, [7], [8] resaltan su papel en la producción de equipos críticos, aunque enfrentó desafíos como la escasez de materiales y falta de control de calidad, lo que afectó la compatibilidad y los plazos de entrega. La Fig. 4 muestra los distintos impactos generados por la herramienta de impresión 3D, los cuales están representados por porcentajes obtenidos a partir del número de autores que mencionan cada impacto en este tema.

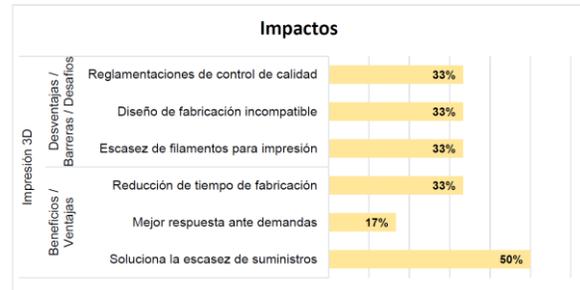


Fig. 4 Impacto de la Impresión 3D

- RFID

La tecnología RFID utiliza etiquetas inteligentes y ondas de radio para la lectura de datos, lo que permite su aplicación en la cadena de suministro del sector salud [9]. [10] destacan que los sensores RFID en el sector salud permiten el monitoreo constante y personalizado de pacientes, mejorando la eficiencia en la gestión, almacenamiento y análisis de datos. [11] Subraya que esta tecnología optimiza la gestión de inventarios, especialmente en medicamentos de alta rotación. Sin embargo, [10] advierte sobre barreras como la falta de financiamiento y marcos regulatorios, que dificultan su implementación en el sector salud.

En la Fig. 5, se ilustra las diversas consecuencias surgidas de la implementación de la tecnología RFID, las cuales se representan mediante porcentajes derivados del recuento de autores que mencionan cada una de estas consecuencias en el ámbito en cuestión.

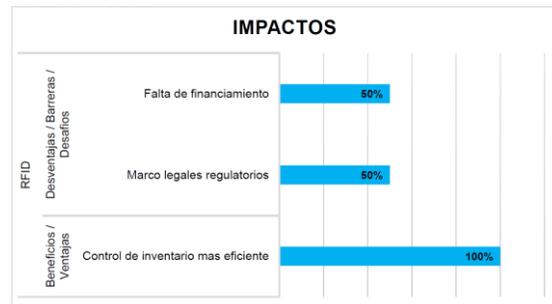


Fig. 5 Impacto de RFID

- Drones

Los drones, dispositivos voladores no tripulados capaces de mantener un vuelo estable y controlado, están revolucionando la cadena de suministro en el sector salud. [12] [13] Su uso mejora la distribución eficiente de medicamentos, vacunas y

alimentos, transformando el sistema de entrega tradicional. Además, son útiles para la desinfección de áreas comunes y la entrega directa a pacientes. [14] Destacan su bajo costo de mantenimiento, autonomía y no depender de carreteras, lo que aumenta su rentabilidad y eficacia. [15] Subraya su aplicación en la ayuda humanitaria, enfocada en el abastecimiento médico y alimentario.

2) Categoría Software

- Computación en la nube

La computación en la nube es una tecnología que permite el acceso remoto continuo a recursos compartidos, como servidores y redes, lo que facilita la gestión dinámica, rentable y transparente de la información en la cadena de suministro del sector salud [16]. Destacan su uso en China para la distribución eficiente de suministros médicos durante la pandemia de COVID-19; [17] resalta su impacto en el seguimiento de campañas de vacunación masiva mediante la automatización de datos. Los hospitales combinan nubes privadas para gestionar datos críticos y nubes públicas para información no sensible [18]. Según [18], esta tecnología reduce retrasos, optimiza costos de inventario y mejora la eficiencia hospitalaria, siendo especialmente útil para pymes que no pueden invertir en sistemas complejos. [19] Señalan que la competencia en el mercado ha hecho más accesibles los servicios de nube, beneficiando a las organizaciones con opciones asequibles. Sin embargo, existen desafíos relacionados con la seguridad de los datos, como destacan [16], [18] quienes proponen soluciones como la autenticación biométrica, la verificación de doble factor y la encriptación.

Adicionalmente, [16], [19] mencionan barreras como la incompatibilidad de sistemas entre socios, presiones regulatorias y resistencia a la capacitación. La conectividad en zonas rurales y la disponibilidad de dispositivos móviles también son preocupaciones importantes [17], [18]. La Fig. 6 del artículo presenta los efectos de la nube en la CSSS, basados en el porcentaje de autores que mencionan cada aspecto.

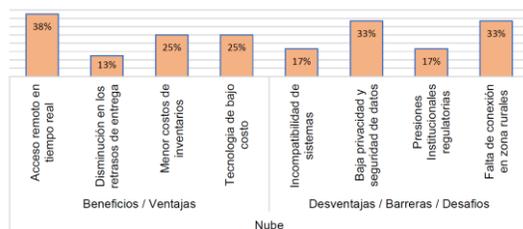


Fig. 6 Impacto de la Computación en la Nube

- Big Data

Big Data se refiere a la recopilación y análisis de grandes volúmenes de datos heterogéneos, lo que permite estudiar relaciones entre variables y comportamientos, especialmente en áreas como la cadena de suministro y la gestión de recursos médicos [20] [21].

El uso de Big Data en el ámbito de la atención médica ha experimentado un crecimiento significativo desde el año 2017 [22], transformando la forma en que se gestionan los datos en los hospitales y centros de salud.

Se destaca que Big Data puede procesar datos complejos, estructurados o no estructurados, que antes eran imposibles de gestionar con bases de datos tradicionales. Esto facilita la predicción de la demanda, mejora la toma de decisiones, optimiza la eficiencia y la gestión de inventarios, y permite abordar desafíos como la reducción del impacto ambiental mediante el análisis de variables como el consumo de energía o las emisiones de carbono [23] [24]. Sin embargo, la implementación de Big Data presenta desafíos. Muchos trabajadores del sector salud no están motivados para adaptarse a nuevas tecnologías debido a su familiaridad con los sistemas tradicionales [20]. Además, el costo elevado de implementación y la falta de infraestructura adecuada, especialmente en países en desarrollo, dificultan la adopción de estos sistemas [24]. También se enfrenta a la falta de conocimiento del personal médico, lo que requiere una formación continua y programas de capacitación para garantizar una implementación efectiva [20]. En base a lo investigado, Big Data ofrece numerosas ventajas en la mejora de procesos médicos y logísticos, su implementación exitosa depende de superar barreras tecnológicas, económicas y educativas [21] [22]. En la Fig. 7, se muestran los distintos impactos que surgen como fruto del manejo de la Big Data, los cuales se cuantifican mediante porcentajes obtenidos a partir del número de autores que mencionan cada uno de estos impactos en el ámbito tratado.



Fig 7. Impactos de la Big Data

- Inteligencia Artificial

La inteligencia artificial (IA) es una herramienta tecnológica clave en la monitorización, seguimiento y recopilación de datos en los sistemas de atención médica y de salud (CSSS), y su adopción ha crecido rápidamente debido a sus diversas aplicaciones en áreas como telemedicina, automatización, ciberseguridad y manejo de enfermedades [25] [26]. La IA también permite realizar diagnósticos de condiciones y enfermedades mediante el análisis de grandes volúmenes de datos [27]. Además, es crucial para la implementación de un sistema de aprovisionamiento eficiente, ya que transforma datos en conocimiento valioso [19].

[7] [28] La IA mejora la eficiencia de los sistemas de atención en el sector salud mediante la predicción de la demanda y la

optimización de la gestión de inventarios, lo cual es especialmente útil en la distribución y flujo de vacunas, ya que optimiza la pronosticación, monitoreo y distribución, mejorando la seguridad y calidad de los datos. [29] Destacan que la IA también facilita la toma de decisiones organizacionales y la evaluación de dispositivos, como los relojes inteligentes con IA, que ofrecen atención médica.

[30] Subrayan la importancia de la IA en el sistema omnicanal, mejorando la gestión e interacción de los canales y facilitando decisiones y eficiencia en la cadena de suministro. Además, la IA aplicada a Big Data genera información valiosa para los encargados del sector salud [24]. Durante la pandemia de coronavirus, la IA permitió que las cadenas de suministro adaptaran rápidamente sus proveedores ante interrupciones [31]. Su aplicación también mejoró la producción, el transporte de productos médicos y la atención en el sector salud mediante aplicaciones móviles [27], además de optimizar la integración de datos diversos, reduciendo la incertidumbre y mejorando la eficiencia en la toma de decisiones [21] [26].

[28] Enfatizan que la IA mejora la gestión de datos y servicios médicos, abordando necesidades de manera eficaz, mientras que [32] destacan su papel en la seguridad dentro de la Industria 4.0 en atención médica. Sin embargo, algunos autores como [27] [7] mencionan que la IA está limitada por la falta de colaboración de los médicos y la escasez de datos de alta calidad para la investigación, lo que impide que reemplace completamente a los profesionales de la salud. Además, la IA aún no es lo suficientemente adaptable y requiere desarrollo técnico para abordar aspectos como seguridad, ética y privacidad, antes de poder ser utilizada de manera complementaria en la cadena de suministro [28].

Por todo lo mencionado, la IA promete grandes avances en la atención médica y la optimización de la cadena de suministro, pero enfrenta desafíos técnicos y de colaboración que deben ser superados para su implementación eficaz.

La Fig. 8 representa los diversos efectos originados por la IA, los cuales se reflejan en porcentajes obtenidos según la cantidad de autores que mencionan cada uno de estos efectos en relación con este tema.



Fig 8. Impactos de la Inteligencia Artificial

- Blockchain

El blockchain, inicialmente concebido en la década de 1990, encontró su verdadera aplicación en 2008 con la creación de registros digitales para criptomonedas como Bitcoin, Litecoin y Ethereum [33]. Se caracteriza por ser una estructura digital innovadora que opera como un libro mayor inmutable

compartido entre diversos actores, lo que asegura la fiabilidad de los datos al no poder ser modificados [34] [33]. Según [35] [36], el blockchain consta de registros conectados entre sí y se utiliza para almacenar datos validados por una red de participantes. Estos bloques de datos están asegurados por criptografía, lo que aumenta su integridad [33], [37].

En el sector salud, el blockchain tiene aplicaciones significativas, ya que mejora la asignación de recursos y promueve la confiabilidad de los datos [38] [39] [40]. La criptografía, mediante algoritmos como RSA, SHA y funciones hash, asegura que los bloques no puedan ser manipulados sin ser detectados [41] [42] [19] destacan que los bloques en redes privadas son preferidos por su alta seguridad y privacidad, limitando el acceso solo a partes autorizadas, aunque también existen redes públicas con algoritmos de consenso que garantizan su confiabilidad.

El uso de Hyperledger Fabric para desarrollar aplicaciones blockchain permite la trazabilidad de productos en tiempo real, evitando falsificaciones [43] y los contratos inteligentes, modelados con esta tecnología, mejoran la transparencia y resiliencia en la cadena de suministro [44]. Estos contratos permiten asegurar el cumplimiento entre las partes, favoreciendo la transparencia en la CSSS. La adopción de blockchain en la salud también ayuda a reducir la corrupción, disminuir costos y fortalecer la confianza en los procesos médicos [45] [46]. La integración de blockchain en la cadena de suministro de medicamentos mejora la eficiencia, el control de inventarios y la gestión logística, ayudando a identificar problemas y aumentar la confianza de los socios [36] [47]. Además, al combinar blockchain con IoT, se mejora la gestión de inventarios mediante el monitoreo en tiempo real de los productos, lo que permite un registro más preciso y reduce el riesgo de fallos [48] [49]. Blockchain también es crucial para la trazabilidad de productos, como medicamentos y vacunas, asegurando su procedencia y evitando falsificaciones [50] [41]. A pesar de sus ventajas, existen desafíos importantes para la adopción del blockchain. La privacidad de los datos es una preocupación clave, ya que el acceso no autorizado a la información puede comprometer la seguridad [36] [51]. Además, las barreras legales y reglamentarias, la falta de políticas gubernamentales y la escasa preparación de algunos países dificultan la implementación efectiva de esta tecnología [52] [53]. La falta de compromiso organizativo y la falta de interés de los involucrados en el uso de blockchain también representan obstáculos significativos [52]. Inalmente, a pesar de ser considerada una opción económica debido a la accesibilidad de plataformas públicas, el blockchain aún enfrenta costos adicionales por la necesidad de actualizaciones continuas [41]. [28] predicen que, en el futuro, empresas como Google y Amazon podrían dominar la tecnología en la industria farmacéutica, pero la situación legal en muchos países aún está inmadura para la implementación masiva. Por todo lo expuesto, blockchain tiene el potencial de transformar el sector salud y la cadena de suministro, pero su adopción está limitada por barreras tecnológicas, legales y organizativas que deben ser superadas para aprovechar todo su potencial.

Los variados impactos generados por la tecnología del blockchain se exponen en la Fig. 9, evidenciados mediante porcentajes que se derivan del número de autores que mencionan cada uno de estos impactos en este campo específico.



Fig 9. Impactos del Blockchain

3) Mixto (Hardware/Software)

- Internet de las cosas (IoT)

Durante la pandemia de COVID-19, el Internet de las Cosas (IoT) emergió como una tecnología clave en la atención en el sector salud [7] [16] definen el IoT como una red de dispositivos interconectados que se comunican entre sí mediante conexiones máquina a máquina, facilitando la conectividad de dispositivos médicos [7].

Esta tecnología permite la comunicación de dispositivos, desde equipos médicos hasta dispositivos personales, sin necesidad de contacto directo [54]. Utiliza sensores inalámbricos y otras soluciones para captar y transmitir datos sobre equipos, pacientes y procesos [59], y su desarrollo ha incorporado tecnologías como sensores, aprendizaje automático y sistemas integrados [54].

El IoT fue crucial para enfrentar los desafíos logísticos durante la pandemia, mejorando las entregas automatizadas y reduciendo el riesgo de infección para los trabajadores [16]. Tecnologías como vehículos de atención domiciliar equipados con sistemas de geolocalización, sensores de imagen y comunicaciones como Bluetooth y Wifi forman parte del sistema IoT en la salud [55]. Además, robots autónomos y robots UVD se utilizan para el suministro de medicamentos y la desinfección de equipos [54] [56].

El uso de dispositivos portátiles inteligentes en la cadena de suministro mejora la eficiencia, reduciendo tiempos de transacción, gastos de personal y costos de entrega [11] [56]. En logística, los sistemas IoT optimizan rutas mediante vehículos autónomos, considerando factores como la distancia y la contaminación, lo que reduce los costos y emisiones [55]. También se han desarrollado ambulancias inteligentes con asistentes virtuales para ayudar a los pacientes a encontrar rutas más eficientes a hospitales [56]. Sin embargo, la seguridad de estos dispositivos sigue siendo un desafío, ya que son vulnerables a ataques [49].

El IoT también mejora la gestión de inventarios en tiempo real mediante sensores inteligentes, drones y dispositivos RFID, que permiten identificar productos de alta rotación y alertar sobre escasez [56]. Asimismo, ayuda en la supervisión de pacientes y la administración de diagnósticos médicos [57], y

optimiza la cadena de frío para productos sensibles como vacunas, monitoreando su ubicación y temperatura [54]. Los documentos del sector salud habilitados por IoT se benefician de la seguridad proporcionada por blockchain, lo que mejora la verificación y reduce el fraude [49]. A pesar de sus ventajas, el IoT enfrenta desafíos relacionados con la privacidad y la seguridad, ya que los dispositivos médicos conectados deben proteger la información sensible de los usuarios [54] [56] [58] señala que, aunque la privacidad es una preocupación, muchos usuarios no son conscientes de estos problemas al adoptar dispositivos IoT. Además, la implementación de IoT en el sector salud puede implicar costos significativos y la necesidad de infraestructuras de red robustas y confiables [54] [56]. Finalmente, se recomienda la adopción de protocolos estandarizados para los dispositivos portátiles en salud, con el fin de garantizar la protección de los datos confidenciales y abordar cuestiones éticas relacionadas con la privacidad [58]. También es crucial la capacitación de los trabajadores y del público en general para un uso seguro y adecuado de esta tecnología. La Fig. 10 exhibe los diferentes resultados provocados por la tecnología IoT, los cuales se representan en forma de porcentajes que se estipulan tomando en cuenta el número de autores mencionan cada uno de estos resultados en este tema en particular.



Fig 10. Impactos del Blockchain

C. Resultados sobre las Tendencias Tecnológicas

Después de analizar y recopilar las fuentes bibliográficas del presente estudio, se obtuvieron un total de 63 artículos que permitieron identificar las tecnologías más relevantes. Como se muestra en la Fig. 11, las tecnologías de mayor impacto en el sector salud son, en primer lugar, el Blockchain, seguido por la Inteligencia Artificial (IA). Ambas tecnologías han tenido una amplia aplicación en el ámbito de la Salud, destacándose por su potencial para transformar y optimizar diversos procesos dentro de este sector.

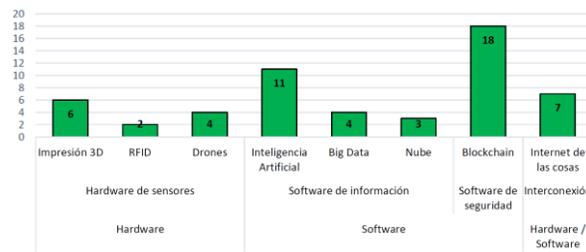


Fig 11. Total de artículos científicos por Herramientas tecnológicas

En el análisis de la tecnología Blockchain, se identificaron un total de 18 artículos, lo que la posiciona como la herramienta tecnológica más destacada en comparación con otras. Actualmente, Blockchain está en auge debido a su capacidad para agilizar y optimizar la eficiencia en la entrega segura de medicamentos en la cadena de suministro. A medida que esta tecnología se implemente de manera consistente en la industria de la salud, su adopción crecerá, consolidándose como un componente esencial para garantizar la seguridad y eficiencia en la cadena de suministro de servicios del sector salud (CSSS). Esto permitirá a los responsables del sector salud verificar la autenticidad de los medicamentos y acceder a un historial completo, mejorando así la atención y el control desde la producción hasta la entrega al paciente.

En cuanto a la segunda tecnología más utilizada en la CSSS, la Inteligencia Artificial (IA), se identificaron 11 artículos, destacándola como una herramienta clave dentro de los parámetros de nuestra investigación. La IA está siendo ampliamente implementada en el ámbito de la salud y continúa evolucionando, contribuyendo a la resolución de procesos críticos de gestión. Desempeña un papel crucial en la precisión y eficacia en la entrega de medicamentos dentro de la CSSS. Además, esta tecnología tiene la capacidad de analizar grandes volúmenes de datos para identificar patrones, lo que facilita la predicción de la demanda futura de medicamentos. Esto no solo ayuda a reducir costos y optimizar la planificación, sino que también previene excesos o déficits en el suministro de medicamentos, impulsando la mejora continua en la calidad del servicio de salud y garantizando la disponibilidad de productos cuando sea necesario. Con respecto a las tecnologías combinadas, los artículos de investigación destacan diferentes tecnologías emergentes con gran potencial. Al revisar la aplicación de tecnologías trabajando por sí solas, se encontraron estudios que abordan la combinación de dos o más tecnologías simultáneamente para aumentar la efectividad, el resguardo y la fiabilidad en la CSSS. Ejemplos incluyen inteligencia artificial con Blockchain (BCIA), Big data con inteligencia artificial (BDA-AI), Blockchain con IoT (IoT-Blockchain) e impresión 3D con la nube. Como se observa en la Figura 11, IoT-Blockchain es una de las tecnologías combinadas más destacadas dentro de los 63 artículos analizados. Según la Figura 8, Blockchain enfrenta desventajas como la escalabilidad, limitando su manejo de grandes cantidades de datos. En este caso, IoT actúa como intermediario, descentralizando procesos internos mediante su infraestructura de dispositivos interconectados y mejorando la eficiencia del Blockchain al aliviar la carga en sus nodos.

El IoT presenta diversas desventajas, siendo el riesgo de seguridad y privacidad la más destacada. Según la Figura 9, aproximadamente el 50% de los autores mencionan este aspecto como su principal inconveniente. Sin embargo, al combinarse con Blockchain, esta preocupación puede abordarse de manera eficaz gracias al sistema seguro y transparente que esta tecnología ofrece.

La accesibilidad y permisos de los dispositivos inteligentes pueden ser monitoreados a través de los registros inmutables de Blockchain. Cada vez que se inicie sesión o se solicite autorización, se genera un historial que no puede ser modificado ni eliminado sin que todas las partes interesadas en la CSSS sean notificadas, lo que garantiza un sistema seguro y confiable.

En conclusión, el potencial de las tecnologías combinadas radica en la sinergia de sus beneficios, permitiendo superar las limitaciones individuales. Al trabajar juntas, estas tecnologías maximizan su impacto positivo y mitigan las desventajas asociadas a su aplicación.

- Tecnologías Combinadas

En los últimos años, la investigación ha resaltado diversas tecnologías emergentes con un gran potencial. Al realizar la búsqueda de aplicaciones de tecnologías individuales, se encontraron estudios que abordan la combinación de dos o más tecnologías simultáneamente, con el objetivo de mejorar la efectividad, seguridad y fiabilidad de las operaciones dentro de la cadena de suministro de servicios de la salud (CSSS). Ejemplos de estas combinaciones incluyen la integración de inteligencia artificial con blockchain (BCIA), big data con inteligencia artificial (BDA-AI), blockchain con el internet de las cosas (IoT-Blockchain), y la impresión 3D con la nube, entre otras. Como se observa en la Figura 11, la combinación de IoT y blockchain se ha identificado como una de las tecnologías combinadas con mayor interés en su aplicación dentro de la CSSS, dentro de los 63 artículos analizados. El blockchain, a pesar de su gran potencial, presenta desafíos importantes, como la escalabilidad (capacidad del sistema), lo que limita su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos y transacciones. Aquí es donde la tecnología IoT juega un papel crucial como facilitador, al aportar una infraestructura extensiva de dispositivos interconectados que descentralizan los procesos internos del sistema. Esto permite distribuir los procesos en diferentes subsistemas de almacenamiento, aliviando la carga sobre el blockchain y mejorando su eficiencia al gestionar los nodos y transacciones. Aunque el IoT también presenta desafíos, siendo el riesgo de seguridad y privacidad uno de los más destacados, como se muestra en la Fig. 12, alrededor del 50% de los autores lo mencionan como una preocupación principal. No obstante, la colaboración con el blockchain permite abordar eficazmente este problema, gracias al sistema seguro y transparente que ofrece. El acceso y la autorización de los dispositivos inteligentes pueden ser monitoreados mediante los registros inmutables del blockchain. Cada vez que se accede o se solicita autorización, se genera un registro que no puede ser modificado ni eliminado sin que todas las partes interesadas dentro de la CSSS lo detecten, lo que garantiza la seguridad y la confianza del sistema.

En conclusión, el potencial de las tecnologías combinadas reside en la sinergia de sus beneficios, permitiéndoles superar sus desventajas individuales. Así, una tecnología complementa a la otra, maximizando su impacto positivo y mitigando las preocupaciones o limitaciones asociadas a su aplicación.

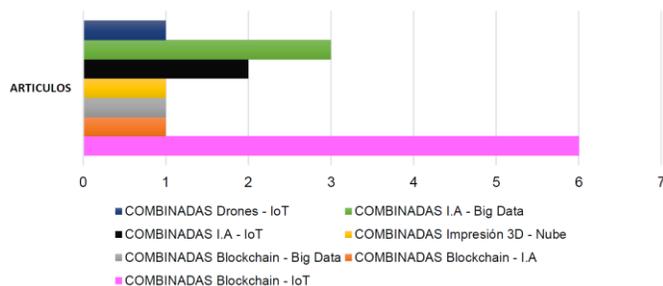


Fig 12. Total de artículos científicos por Herramientas Combinadas

D. Limitaciones y Oportunidades Tecnológicas en la CSSS del Perú

En la actualidad, la tecnología está transformando las cadenas de suministro del sector salud (CSSS) en diversos países. Sin embargo, en el Perú, el uso masivo de estas herramientas aún no se observa a gran escala. Es crucial analizar las razones detrás de esta falta de inclusión tecnológica. A partir del análisis de diversos artículos, se identificaron las principales barreras: regulaciones gubernamentales y limitaciones financieras.

- Regulaciones y Marcos Normativos

El uso de herramientas tecnológicas en el contexto peruano, como la inteligencia artificial (IA) y el blockchain, enfrenta barreras normativas significativas. Estas tecnologías, particularmente vulnerables en términos de seguridad, requieren regulaciones que aseguren su implementación en sistemas con grandes volúmenes de datos expuestos.

En cuanto a blockchain, Perú es pionero en su aplicación para compras públicas, lo que representa una oportunidad para extender su uso a otros sectores, como el sector salud (MINSA, EsSalud y privado). Esto podría generar un ecosistema tecnológico que fomente la colaboración y el beneficio mutuo entre actores. Sin embargo, aún no existen regulaciones específicas que protejan los servicios basados en blockchain. No obstante, la Superintendencia de Banca, Seguros y AFP (SBS) ha suscrito un convenio para formar parte del consorcio R3, compuesto por más de cien reguladores y entidades financieras internacionales. Este acuerdo busca explorar y desarrollar soluciones basadas en blockchain que fortalezcan la supervisión y regulación en el país. Respecto a la inteligencia artificial, en julio de 2023 se promulgó la Ley N° 31814, que promueve su uso en favor del desarrollo económico y social del Perú. Esta norma establece principios para una implementación ética, transparente y responsable, con el objetivo de mejorar la calidad de los servicios ciudadanos. Este avance legislativo indica que la adopción de estas tecnologías en la CSSS peruana está cada vez más cerca de convertirse en realidad.

- Limitaciones Financieras

El IoT es una de las tecnologías que requiere una mayor inversión para su implementación en la CSSS. Perú carece de la infraestructura tecnológica necesaria para desplegar esta tecnología a gran escala, especialmente en el sistema de salud pública. Esto incluye la necesidad de numerosos dispositivos

con sensores, servidores, redes de alta velocidad como 5G y la capacitación del personal. Además, en zonas rurales y de difícil acceso, la ausencia de infraestructura básica, como antenas de internet, limita el uso de dispositivos inteligentes. Actualmente, los esfuerzos peruanos se centran en eventos virtuales organizados por ministerios para fomentar la adopción de la Industria 4.0 en pequeñas y medianas empresas (pymes). Sin embargo, para aprovechar plenamente estas tecnologías, es imprescindible fortalecer primero la infraestructura digital. Solo así podrán desarrollarse óptimamente en sectores clave como la economía y la salud, maximizando su potencial y beneficios. En resumen, aunque Perú enfrenta desafíos regulatorios y financieros, los avances recientes muestran un camino prometedor hacia la adopción de tecnologías disruptivas en la CSSS. La combinación de esfuerzos normativos, fortalecimiento de infraestructura y capacitación será clave para superar estas barreras y aprovechar las oportunidades que estas herramientas ofrecen.

IV. CONCLUSIONES

La definición precisa de los parámetros de búsqueda utilizando la herramienta PICOC fue clave para seleccionar estudios relevantes y realizar una revisión sistemática efectiva. La recopilación exhaustiva de literatura y el uso de pautas claras de inclusión permitieron obtener resultados basados en una amplia variedad de fuentes relevantes (63 artículos). Esto proporcionó una base sólida para responder la pregunta de investigación y realizar un análisis integral.

El análisis de los resultados destacó ventajas y beneficios como la colaboración entre los distintos nodos de la CSSS, la optimización de procesos y una mayor eficiencia en la seguridad y gestión. No obstante, se identificaron desafíos significativos, como la resistencia al cambio, la falta de concientización, las preocupaciones sobre seguridad y privacidad, y la persistente brecha digital.

Se identificaron tendencias tecnológicas clave, como el blockchain, la inteligencia artificial y combinaciones tecnológicas como IoT-blockchain. Estas tecnologías impulsan la innovación constante, maximizan la eficiencia y ofrecen nuevas perspectivas para transformar la CSSS.

V. RECOMENDACIONES

Es imprescindible continuar con las investigaciones y el monitoreo sobre la incorporación de recursos tecnológicos en el Perú, dado que hasta el momento se ha realizado un seguimiento limitado en este ámbito. Se recomienda llevar a cabo una evaluación detallada y minuciosa al seleccionar herramientas tecnológicas, asegurándose de que estas respondan a las necesidades específicas. Este proceso debe incluir un análisis exhaustivo de su funcionalidad, uso y medidas de seguridad para garantizar su efectividad. Para una adopción tecnológica exitosa, es esencial capacitar adecuadamente al personal en el uso de estas herramientas. Además, se debe realizar un análisis riguroso de los datos

obtenidos y abordar cualquier inconveniente técnico o de implementación que pueda surgir. Para futuras investigaciones, se sugiere explorar tecnologías combinadas no analizadas en este estudio, como Drones-IoT, Impresión 3D-Nube, Big Data-AI (BD-AI), Blockchain con Inteligencia Artificial (BCIA), Blockchain-Big Data e IA-IoT. Esto permitirá identificar con mayor profundidad los desafíos y oportunidades que presentan estas combinaciones tecnológicas en diversos contextos.

REFERENCIAS

- [1] Vidal Ledo, M. J., Delgado Ramos, A., Rodríguez Díaz, A., Barthelemy Aguilar, K., & Torres Ávila, D. (2022). Salud y transformación digital. *Educación Médica Superior*, 36(2).
- [2] Vidal Ledo, M. J., Delgado Ramos, A., Rodríguez Díaz, A., Barthelemy Aguilar, K., & Torres Ávila, D. (2022). Salud y transformación digital. *Educación Médica Superior*, 36(2).
- [3] Laurente, I. (2021). Normativa, agenda digital y política de transformación digital: hacia un gobierno digital peruano. *Revista Latinoamericana de Economía y Sociedad Digital*, 2(2), 1-25.
- [4] Belhouideg, S. (2020). Impact of 3D printed medical equipment on the management of the Covid19 pandemic. In *International Journal of Health Planning and Management* (Vol. 35, Issue 5, pp. 1014–1022). John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/hpm.3009>
- [5] Belhouideg, S. (2020). Impact of 3D printed medical equipment on the management of the Covid19 pandemic. In *International Journal of Health Planning and Management* (Vol. 35, Issue 5, pp. 1014–1022). John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/hpm.3009>
- [6] Musso, F., Murrura, F., & Bravi, L. (2022). Organizational and Supply Chain Impacts of 3D Printers Implementation in the Medical Sector. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(12). <https://doi.org/10.3390/ijerph19127057>
- [7] Sood, S. K., Rawat, K. S., & Kumar, D. (2022). A visual review of artificial intelligence and Industry 4.0 in healthcare. *Computers and Electrical Engineering*, 101. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2022.107948>
- [8] Strulak-Wójcikiewicz, R., & Bohdan, A. (2021). The concept of an e-platform cooperation model in the field of 3D printing during the COVID-19 pandemic. *Procedia Computer Science*, 192, 4083–4092. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.09.183>
- [9] Gu, V. C., & Black, K. (2021). Integration of TTF and network externalities for RFID adoption in healthcare industry. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 70(1), 109–129. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-11-2018-0418>
- [10] Mbunge, E., Muchemwa, B., Jiyane, S., & Batani, J. (2021). Sensors and healthcare 5.0: transformative shift in virtual care through emerging digital health technologies. In *Global Health Journal* (Vol. 5, Issue 4, pp. 169–177). KeAi Communications Co. <https://doi.org/10.1016/j.glohj.2021.11.008>
- [11] Papa, A., Mital, M., Pisano, P., & del Giudice, M. (2020). E-health and wellbeing monitoring using smart healthcare devices: An empirical investigation. *Technological Forecasting and Social Change*, 153. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.02.018>
- [12] Euchi, J. (2021). Do drones have a realistic place in a pandemic fight for delivering medical supplies in healthcare systems problems? In *Chinese Journal of Aeronautics* (Vol. 34, Issue 2, pp. 182–190). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.cja.2020.06.006>
- [13] Nyaaba, A. A., & Ayanga, M. (2021). Intricacies of medical drones in healthcare delivery: Implications for Africa. *Technology in Society*, 66. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101624>
- [14] Gunaratne, K., Thibbotuwawa, A., Vasegaard, A. E., Nielsen, P., & Perera, H. N. (2022). Unmanned Aerial Vehicle Adaptation to Facilitate Healthcare Supply Chains in Low-Income Countries. *Drones*, 6(11). <https://doi.org/10.3390/drones6110321>
- [15] Koshta, N., Devi, Y., & Patra, S. (2021). Aerial Bots in the Supply Chain: A New Ally to Combat COVID-19. *Technology in Society*, 66. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101646>
- [16] Ali, O., AlAhmad, A., & Kahtan, H. (2023). A review of advanced technologies available to improve the healthcare performance during COVID-19 pandemic. *Procedia Computer Science*, 217, 205–216. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.216>
- [17] Rodas-Martinez, A. K., & Altamirano-Yupanqui, J. R. (2022). Mass vaccinations against COVID-19 through the use of technologies for the management of appointment scheduling and data of large volumes of vaccinated. In *Vacunas* (Vol. 23, pp. S111–S120). Ediciones Doyma, S.L. <https://doi.org/10.1016/j.vacun.2022.07.003>
- [18] Gonul Kochan, C., Nowicki, D. R., Sauser, B., & Randall, W. S. (2018). Impact of cloud-based information sharing on hospital supply chain performance: A system dynamics framework. *International Journal of Production Economics*, 195, 168–185. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.10.008>
- [19] Gupta, H., Yadav, A. K., Kusi-Sarpong, S., Khan, S. A., & Sharma, S. C. (2022). Strategies to overcome barriers to innovative digitalisation technologies for supply chain logistics resilience during pandemic. *Technology in Society*, 69. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101970>
- [20] Nuseir, M. T., & Elrefae, G. (2021). The effect of supply chain connectivity and task technology fit on efficiency: Exploring mediating role of big data analytic. *Uncertain Supply Chain Management*, 9(4), 1017–1026. <https://doi.org/10.5267/j.uscm.2021.x.001>
- [21] Bag, S., Dhamija, P., Singh, R. K., Rahman, M. S., & Sreedharan, V. R. (2023). Big data analytics and artificial intelligence technologies based collaborative platform empowering absorptive capacity in health care supply chain: An empirical study. *Journal of Business Research*, 154. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.113315>
- [22] Karatas, M., Eriskin, L., Deveci, M., Pamucar, D., & Garg, H. (2022). Big Data for Healthcare Industry 4.0: Applications, challenges and future perspectives. In *Expert Systems with Applications* (Vol. 200). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.116912>
- [23] Jung, D. H. (2022). Enhancing Competitive Capabilities of Healthcare SCM through the Blockchain: Big Data Business Model's Viewpoint. *Sustainability* (Switzerland), 14(8). <https://doi.org/10.3390/su14084815>
- [24] Benzidia, S., Makaoui, N., & Bentahar, O. (2021). The impact of big data analytics and artificial intelligence on green supply chain process integration and hospital environmental performance. *Technological Forecasting and Social Change*, 165.
- [25] Baz, M., Khatri, S., Baz, A., Alhakami, H., Agrawal, A., & Khan, R. A. (2021). Blockchain and artificial intelligence applications to defeat COVID-19 pandemic. *Computer Systems Science and Engineering*, 40(2), 691–702. <https://doi.org/10.32604/CSSE.2022.019079>
- [26] Paranitharan, K. P., Ebenezer, G., Balaji, V., Adham Khan, M., & Ramesh Babu, T. (2022). Application of industry 4.0 technology in containing Covid-19 spread and its challenges. *Materials Today: Proceedings*, 68, 1225–1232. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.06.009>
- [27] Madurai Elavarasan, R., & Pugazhendhi, R. (2020). Restructured society and environment: A review on potential technological strategies to control the COVID-19 pandemic. *Science of the Total Environment*, 725. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138858>
- [28] Gregório, J., & Cavaco, A. (2021). The pharmacist's guide to the future: Are we there yet? In *Research in Social and Administrative Pharmacy* (Vol. 17, Issue 4, pp. 795–798). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.sapharm.2020.05.029>
- [29] Uzir, M. U. H., al Halbusi, H., Lim, R., Jerin, I., Abdul Hamid, A. B., Ramayah, T., & Haque, A. (2021). Applied Artificial Intelligence and user satisfaction: Smartwatch usage for healthcare in Bangladesh during

- COVID-19. Technology in Society, 67. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101780>
- [30] Abadie, A., Roux, M., Chowdhury, S., & Dey, P. (2023). Interlinking organisational resources, AI adoption and omnichannel integration quality in Ghana's healthcare supply chain. *Journal of Business Research*, 162. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.113866>
- [31] Hussain, Z. (2021). Paradigm of technological convergence and digital transformation: The challenges of CH sectors in the global COVID-19 pandemic and commencing resilience-based structure for the post-COVID-19 era. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 21. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2021.e00182>
- [32] Inuwa, H. M., Ravi Raja, A., Kumar, A., Singh, B., & Singh, S. (2022). Status of Industry 4.0 applications in healthcare 4.0 and Pharma 4.0. *Materials Today: Proceedings*, 62, 3593–3598. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.409>
- [33] Alharthi, S., Cerotti, P. R., & Far, S. M. (2020). An Exploration of the Role of Blockchain in the Sustainability and Effectiveness of the Pharmaceutical Supply Chain. *IBIMA Business Review*, 2020. <https://doi.org/10.5171/2020.562376>
- [34] Mackey, T. K., Kuo, T. T., Gummadi, B., Clauson, K. A., Church, G., Grishin, D., & Palombini, M. (2019). 'Fit-for-purpose?'—challenges and opportunities for applications of blockchain technology in the future of healthcare. *BMC medicine*, 17(1), 1–17.
- [35] Mackey, T. K., Kuo, T. T., Gummadi, B., Clauson, K. A., Church, G., Grishin, D., & Palombini, M. (2019). 'Fit-for-purpose?'—challenges and opportunities for applications of blockchain technology in the future of healthcare. *BMC medicine*, 17(1), 1–17.
- [36] Cunha, J., Duarte, R., Guimarães, T., Quintas, C., & Santos, M. F. (2022). Blockchain analytics in healthcare: An Overview. *Procedia Computer Science*, 201(C), 708–713. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.03.095>
- [37] Farouk, A., Alahmadi, A., Ghose, S., & Mashatan, A. (2020). Blockchain platform for industrial healthcare: Vision and future opportunities. In *Computer Communications* (Vol. 154, pp. 223–235). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2020.02.058>
- [38] Ahsan, M. M., & Siddique, Z. (2022). Industry 4.0 in Healthcare: A systematic review. In *International Journal of Information Management Data Insights* (Vol. 2, Issue 1). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ijime.2022.100079>
- [39] Yadav, A. K., Shweta, & Kumar, D. (2023). Blockchain technology and vaccine supply chain: Exploration and analysis of the adoption barriers in the Indian context. *International Journal of Production Economics*, 255. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108716>
- [40] Asadi, M., Hashemkhani Zolfani, S., Pamucar, D., Salimi, J., & Saberi, S. (2023). The appropriation of blockchain implementation in the supply chain of SMES based on fuzzy LMAW. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 123. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.106169>
- [41] Hosseini Bamakan, S. M., Ghasemzadeh Moghaddam, S., & Dehghan Manshadi, S. (2021). Blockchain-enabled pharmaceutical cold chain: Applications, key challenges, and future trends. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 302). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127021>
- [42] Sim, C., Zhang, H., & Chang, M. L. (2022). Improving End-to-End Traceability and Pharma Supply Chain Resilience using Blockchain. *Blockchain in Healthcare Today*, 5. <https://doi.org/10.30953/bhty.v5.231>
- [43] Jamil, F., Hang, L., Kim, K. H., & Kim, D. H. (2019). A novel medical blockchain model for drug supply chain integrity management in a smart hospital. *Electronics* (Switzerland), 8(5). <https://doi.org/10.3390/electronics8050505>
- [44] Alabaddi, Z., Obidat, A., & Alziyadat, Z. (2023). Exploring the effect of blockchain technology on supply chain resilience and transparency: Evidence from the healthcare industry. *Uncertain Supply Chain Management*, 11(2), 787–798. <https://doi.org/10.5267/j.uscm.2023.1.001>
- [45] Arumugam, S. K., & Sharma, A. M. (2022). Blockchain: Opportunities in the healthcare sector and its uses in COVID-19. In *Lessons from COVID-19: Impact on Healthcare Systems and Technology* (pp. 61–94). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99878-9.00002-9>
- [46] Ciaburro, G. (2022). Benefits and use of blockchain technology to support supply chain during COVID-19. In *Lessons from COVID-19: Impact on Healthcare Systems and Technology* (pp. 171–211). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99878-9.00003-0>
- [47] Jain, G., & Jain, A. (2022). Blockchain for 5G-enabled networks in healthcare service based on several aspects. In *Blockchain Applications for Healthcare Informatics: beyond 5G* (pp. 471–493). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90615-9.00018-9>
- [48] Sharma, A., Kaur, S., & Singh, M. (2021). A comprehensive review on blockchain and Internet of Things in healthcare. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, 32(10). <https://doi.org/10.1002/ett.4333>
- [49] Sharma, A., Kaur, S., & Singh, M. (2021). A comprehensive review on blockchain and Internet of Things in healthcare. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, 32(10). <https://doi.org/10.1002/ett.4333>
- [50] Jayaraman, R., Saleh, K., & King, N. (2019). Improving opportunities in healthcare supply chain processes via the internet of things and blockchain technology. *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics*, 14(2), 49–65. <https://doi.org/10.4018/IJHISI.2019040104>
- [51] Jafri, R., & Singh, S. (2022). Blockchain applications for the healthcare sector: Uses beyond Bitcoin. In *Blockchain Applications for Healthcare Informatics: beyond 5G* (pp. 71–92). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90615-9.00022-0>
- [52] Kouhizadeh, M., Saberi, S., & Sarkis, J. (2021). Blockchain technology and the sustainable supply chain: Theoretically exploring adoption barriers. *International Journal of Production Economics*, 231. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107831>
- [53] Thakuriya, P., Kaur, S., & Mishra, V. (2023). Assessment of Blockchain Technology as Remedy to Counterfeit Drugs Problem in Pharmaceutical Supply Chain and Implementation Approach. *Operations Research Forum*, 4(2). <https://doi.org/10.1007/s43069-023-00221-8>
- [54] Mukati, N., Namdev, N., Dilip, R., Hemalatha, N., Dhiman, V., & Sahu, B. (2022). Healthcare Assistance to COVID-19 Patient using Internet of Things (IoT) Enabled Technologies. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.07.379>
- [55] Salehi-Amiri, A., Jabbarzadeh, A., Hajiaghahi-Keshteli, M., & Chaabane, A. (2022). Utilizing the Internet of Things (IoT) to address uncertain home health care supply chain network. *Expert Systems with Applications*, 208. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118239>
- [56] Gupta, D., Bhatt, S., Gupta, M., & Tosun, A. S. (2021). Future Smart Connected Communities to Fight COVID-19 Outbreak. *Internet of Things (Netherlands)*, 13. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2020.100342>
- [57] Ilangakoon, T., Weerabahu, S., & Wickramarachchi, R. (2019, January 29). Combining Industry 4.0 with Lean Healthcare to Optimize Operational Performance of Sri Lankan Healthcare Industry. 2018 International Conference on Production and Operations Management Society, POMS 2018. <https://doi.org/10.1109/POMS.2018.8629460>
- [58] Chang, V., Doan, L. M. T., Ariel Xu, Q., Hall, K., Anna Wang, Y., & Mustafa Kamal, M. (2023). Digitalization in omnichannel healthcare supply chain businesses: The role of smart wearable devices. *Journal of Business Research*, 156. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.113369>
- [59] Taherdoost, H. (2023). Blockchain-Based Internet of Medical Things. In *Applied Sciences* (Switzerland) (Vol. 13, Issue 3). MDPI. <https://doi.org/10.3390/app13031287>