



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE:**

INGENIERO DE SISTEMAS

**CARRERA:
INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**TEMA:
“Hyperledger Blockchain para la seguridad en bases de
datos un
mapeo sistemático.”**

**AUTOR:
Michael Gerardo Guaman Villalta**

**TUTOR:
Msg. Joe Frand Llerena Izquierdo**

**Abril 2021
GUAYAQUIL-ECUADOR**

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **GUAMAN VILLALTA MICHAEL GERARDO**, declaro que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del/los autor/es.



Firma del autor



Firma del tutor.

Hyperledger Blockchain para la seguridad en bases de datos un mapeo sistemático

Michael Gerardo Guaman Villalta¹ [0000-0003-2264-1645] y Joe Llerena Izquierdo¹ [0000-0001-9907-7048]

¹Universidad Politécnica Salesiana Guayaquil, Ecuador
mguamanvi@est.ups.edu.ec, jlllerena@ups.edu.ec

Abstract. La información de este documento proviene de tres bibliotecas virtuales para obtener referencias sobre el tema propuesto y determinar la situación de las literaturas. El problema es clasificar información de primer nivel sobre Hyperledger aplicado en seguridad de bases de datos. El objetivo de este trabajo es realizar un análisis sobre Hyperledger para seguridad en bases de datos mediante un mapeo sistemático. La metodología que se aplica es una revisión sistemática que asiste en la clasificación y obtención de información existente sobre la plataforma Hyperledger aplicada a seguridad en bases de datos. Esta investigación resultó en Identificación de las evidencias científicas disponibles en las bibliotecas virtuales, Clasificación de las referencias científicas mediante mapeo sistemático e Interpretación de los resultados. Se concluye que la tecnología Hyperledger es apropiada y fundamental para redes de confianza, participantes con credenciales fiables, funciones y datos distribuidos e inmutables; nuestra propuesta es una pequeña guía para conocer la situación bibliográfica sobre esta plataforma revisada; después de la primera cantidad de 1451 artículos relacionados al tema, sólo 63 (4.34%) cumplieron los filtros.

Keywords: Blockchain, Hyperledger, Security, Data Base, Systematic mapping.

1 Introducción

Blockchain (BK) es un almacén de datos compartido y descentralizado para dar transparencia, seguimiento e inmutabilidad de las transacciones; tuvo sus inicios con la criptomoneda Bitcoin, al momento es una red libre de confianza para el cumplimiento de lógica de negocios; hay disponibles otras plataformas de Blockchain como Ethereum e Hyperledger Fabric; además esta tecnología se encuentra en continua evolución y es impulso disruptivo en diferentes las áreas del sector público y privado; algunas áreas ya aplicadas son: gobernanza digital, ciudades inteligentes, enseñanza, educación, cultura, entretenimiento, salud, economía, transporte, servicio de energía eléctrica, servicio de agua potable, construcción, y seguridad física [1]. BK también es conocido como una lista de transacciones en continuo crecimiento, llamados bloques, los bloques están entre enlazados y cifrados; el BK utiliza un mecanismo de consenso

para asegurar un orden de las transacciones, certificar la integridad y la consistencia de los bloques en cada nodo distribuidos [2].

En tecnología Blockchain existen dos tipos de acceso; el primero es acceso sin permiso/desautorizado en plataforma Ethereum, el segundo acceso es con permiso/autorizado en plataforma Hyperledger.

Plataforma Hyperledger son bloques de datos autorizados mantienen un ledger privado en cada nodo dentro de una relación de confianza que entrega servicios sólo para sus asociados y mejor rendimiento de la red. Entre las alternativas esta Hyperledger Fabric es una plataforma Blockchain de acceso autorizado y código libre; ésta sirve como un framework primordial para aplicaciones, su arquitectura es modular y parametrizable, trabaja bajo consenso y membresía formado por los participantes; mantiene la privacidad y la confidencialidad de los participantes [3]. Esta red BK contiene Smart Contract, que son programas informáticos que se invocan desde los participantes, además ejecutan código desencadenante, tienen condiciones y la lógica empresarial para actualizar o consultar las transacciones [2]. También conocido como código ejecutable sobre una plataforma distribuida, los acuerdo o funciones se cumplen cuando los participantes aprueban la transacción [5–8].

El problema es clasificar información de primer nivel sobre Hyperledger aplicado en seguridad de bases de datos.

Blockchain es una tecnología que tiene varias plataformas, nos concentraremos en Hyperledger dirigido a seguridad para bases de datos.

La pregunta de hipótesis es: ¿Por qué realizar un análisis sobre Hyperledger para seguridad en bases de datos mediante un mapeo sistemático?

Para entender la tecnología Blockchain, plataforma Hyperledger y sus aplicaciones en seguridad de bases de datos u otras áreas referentes a seguridad de datos; entender que se conoce sobre este tema y posibles tendencias.

El objetivo es realizar un análisis sobre Hyperledger para seguridad en bases de datos mediante un mapeo sistemático

2 Materiales y Métodos

Para alcanzar el objetivo propuesto, se utiliza la metodología descriptiva utilizando la técnica de la revisión bibliográfica para elaborar el mapeo sistemático que asiste en la clasificación y obtención de información existente sobre la plataforma Hyperledger aplicada a seguridad en bases de datos.

2.1 Materiales

Características de Blockchain. Las siguientes son características encontradas en [2]: Datos descentralizados, mantiene integridad de datos y es una red auditable; tiene tres niveles de acceso: Blockchain públicas (Bitcoin y Ethereum), Blockchain de consorcio (Hyperledger y Ripple), y Blockchain privada. Otras características [5]: No es una base de datos, es un ledger distribuido o descentralizado, los nodos validan las transacciones sin tener una autoridad central; al actualizarse cualquier bloque, se crea

uno nuevo bloque enlazado a la cadena; los nodos se emparejan en tiempos aleatorios; los participantes gobiernan la red BK; existencia cero de proveedores intermediarios. Utiliza un algoritmo de consenso distribuido entre los nodos; para garantizar la conexión entre los nodos con confianza cero se utiliza la tolerancia a fallas bizantina (BFT) [4].

Características de Hyperledger. No utiliza criptomoneda; los datos son llamados conjunto de activos; suministra las funciones para actualizar los activos y cambiar el estado del activo; el Smart Contract esta copiado en cada nodo par, la transacción es confiada y firmada por los pares nodos [2]. Las siguientes son características encontradas en [6]: Seguridad en la autenticación, privacidad, eficiencia y escalabilidad. Existen varias plataformas de Hyperledger: Hyperledger Composer [7] para gestión de herramientas; Hyperledger Sawtooth [8] diseñado para productos utiliza REST API para optimizar el rendimiento; Hyperledger Caliper permite ejecutar diferentes redes BK para compararlas.

Trabajos relacionados a Hyperledger. Una arquitectura conceptual en 6 capas se propuso en [2], para cubrir los elementos principales en el ciclo de vida del Smart Contract; es una guía de investigación y propensiones de desarrollo. Para que sea una red Blockchain con permisos, robusta y escalable, los autores de [3] aplicaron Hyperledger y Smart Contract en comercio de emisiones; el ledger contiene datos de aplicaciones, usuarios y transacciones. La plataforma Hyperledger utilizada en [5], para una arquitectura modular que permite cifrado de datos, autenticación y consenso entre los participantes; estos participantes son el fabricante, almacén, distribuidor y tienda. Una red Blockchain privada fue implementada en Hyperledger Fabric para la distribución de productos [9], aquí el consorcio está formado por diseñador, fabricante, distribuidor y cliente; cada uno tiene su certificado de autorización; el Smart Contract tiene una función para registro, transferencia y confirmación de los productos. Para tener una red con autenticación y datos cifrados, los autores de [6] utilizaron Hyperledger Fabric en una red de vehículos y autoridades; esta red tiene seguridad y privacidad en la autenticación de los participantes. En [7] se implementó una red Blockchain para el control de fondos gubernamentales y confianza en los participantes; los participantes son proveedor de materiales, transportador y pagador; el ledger contiene datos como monto, quien paga, el beneficiario y descripción de la transacción; el prototipo se implementó en Hyperledger Composer. Los autores de [8] realizaron pruebas de Hyperledger Sawtooth, obtuvieron 1000 transacciones por segundo en su rendimiento; en batch alcanzo hasta 2300 transacciones por segundo; las transacciones en memoria principal alcanzó hasta 2200 transacciones por segundo en 300 megabytes; la latencia mínima fue 1000 transacciones en 0.1 segundos. En [10] se conceptualizó un modelo para almacenar la data de instrumentos de medición relacionados con consumidores en tiempo real, otra función compara los resultados; las transacciones deben tener integridad e inmutabilidad.

Mapeos sistemáticos en Blockchain. En [11] se definieron cuatro preguntas de investigación, búsqueda dirigida a ACM Digital Library, Springer, IEEE Explore, Scopus y

ScienceDirect; referencias solo en idioma inglés; obtuvieron 6 categorías, aquí el 64% son aplicaciones informáticas, 21% son aplicaciones de ingeniería. En [12] los autores definieron dos preguntas de investigación; la búsqueda desde 2015 obtuvo 535 artículos que aplican en 6 áreas de conocimiento. La búsqueda de Blockchain en área de salud [13], resultó en 305 artículos filtrados desde el 2015; excluyeron 184 artículos, el filtrado final quedaron 38 artículos que cumplieron los criterios de búsqueda. La búsqueda de tecnología disruptiva Blockchain en bibliotecas IEEE Explore, Springer, Scopus, ACM y ScienceDirect [14] resultó en 60 artículos científicos; seleccionaron 46 y están distribuidos en áreas de seguridad, eficiencia, usabilidad, privacidad, y Smart contract. En [15] se realizaron 4 preguntas de investigación, la búsqueda es de Blockchain y banco central desde 2008 al 2020; en los resultados obtuvieron 72 artículos científicos desde 2016; obtuvieron 5 casos de uso en área de banco central.

2.2 Métodos

Para alcanzar el objetivo propuesto, se utiliza la metodología de mapeo sistemático [16], [17] que asiste en la clasificación y obtención de información existente plataforma Hyperledger de la tecnología Blockchain; para identificar actualidades y tendencias en esta tecnología disruptiva; la búsqueda se orienta a categorizar los hallazgos y frecuencia de divulgaciones científica, conocer que áreas se utiliza Hyperledger.

De acuerdo a Peterson [16] se definen cinco etapas: Delimitar de las preguntas de investigación, Ejecutar la búsqueda bibliográfica, Seleccionar las referencias, Clasificar las referencias, y Analizar la segregación de datos.

Etapa 1: Delimitar de las preguntas de investigación.

Se plantearon las preguntas en esta primera etapa para orientar las siguientes etapas (Tabla 1):

Table 1. Preguntas.

Pregunta	Información buscada
¿Cuál es la producción científica sobre la plataforma Blockchain Hyperledger a nivel general desde el año 2016?	Cantidad de artículos por años
¿Cuál es la producción científica sobre la plataforma Blockchain Hyperledger en seguridad de bases de datos desde el año 2016?	Cantidad de artículos por años, países, afiliaciones
¿Cuáles son las áreas de aplicación de Hyperledger?	Áreas de impacto o utilización
¿Cuáles son las características de las referencias encontradas?	Tipos de documentos, idiomas

Criteria de inclusión:

Toda producción científica es elegible para su inclusión si tiene alguna relación con el tema de búsqueda, sean modelos, arquitecturas, algoritmos, herramientas u otras tecnologías.

Se incluyen producciones cualitativos o cuantitativos.

Se incluyen producciones de cualquier idioma.

Criterios de exclusión:

Se excluyeron las producciones que traten Blockchain Ethereum o Blockchain Corda.
Se excluyen estándares de interoperabilidad, bitcoin, trabajos secundarios o menor nivel.

Etapa 2: Ejecutar la búsqueda bibliográfica.

La consulta bibliográfica en las bases de datos SCOPUS, IEEE XPLORE y SCIENCE DIRECT; las palabras clave de búsqueda son: Blockchain Hyperledger OR Hyperledger Database OR Hyperledger; la búsqueda bibliográfica es de artículos científicos desde año 2016 que tengan coincidencias con la palabra clave.

3 Resultados

En esta fase los resultados son los siguientes:

- Identificación de las evidencias científicas disponibles en las bibliotecas virtuales sobre Hyperledger y seguridad a Bases de Datos
- Clasificación de las referencias científicas sobre Hyperledger mediante mapeo sistemático
- Interpretación de los resultados de la revisión sistemática

3.1 Identificación de las evidencias científicas disponibles en las bibliotecas virtuales sobre Hyperledger y seguridad a Bases de Datos

Este resultado corresponde a la tercera etapa del mapeo sistemático:

Etapa 3: Seleccionar las referencias.

Los filtros se aplicaron el sábado 21 de noviembre del 2020, después de esa fecha puede cambiar el resultado de los filtros debido a nuevos artículos indexados.

Cadena empleada en IEEE XPLORE:

-
- (((("All Metadata":Blockchain hyperledger) OR "All Metadata":hyperledger database) OR "All Metadata":hyperledger); Resultado: 404 documentos
 - (((("Index Terms":Blockchain hyperledger) OR "Index Terms":hyperledger database) OR "Index Terms":hyperledger); Resultado: 325 documentos
 - (((("Document Title":Blockchain hyperledger) OR "Document Title":hyperledger database) OR "Document Title":hyperledger); Resultado: 86 documentos
 - (((("Document Title":Blockchain hyperledger) OR "Document Title":hyperledger database) OR "Document Title":hyperledger), Filters Applied: distributed databases; Resultado: 23 documentos
-

Cadena empleada en SCOPUS:

-
- (TITLE-ABS-KEY (Blockchain AND hyperledger) OR TITLE-ABS-KEY (hyperledger AND database) OR TITLE-ABS-KEY (hyperledger)); Resultado: 753 documentos
 - AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar")); Resultado: 198 documentos
 - AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "COMP")); Resultado: 147 documentos
 - AND (LIMIT-TO (ACCESSTYPE(OA))); Resultado: 59 documentos
 - AND (LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Hyperledger")); Resultado: 14 documentos
-

Cadena empleada en SCIENCE DIRECT:

-
- Find articles with these terms: hyperledger database: 294 documentos
 - Computer Science: 171 documentos
 - Access Type Open access: 26 documentos
-

3.2 Clasificación de las referencias científicas sobre Hyperledger mediante mapeo sistemático

Este resultado corresponde a la cuarta etapa del mapeo sistemático:

Etapa 4: Clasificar las referencias.

Para la clasificación se aplicó criterios generales y luego filtros más específicos para seleccionar documentos que cumplan la búsqueda en las bibliotecas virtuales: todos los años, todos los idiomas, todos los tipos de documentos, todos los Open Access, las áreas de Medicina o Ingenierías. Luego de la búsqueda en las tres bibliotecas virtuales, se aplicó filtros de acuerdo al entorno que facilitan las aplicaciones web; no es posible aplicar los mismos filtros en todas las bibliotecas; IEEE Xplore y SCOPUS ofrecen filtros, SCIENCE DIRECT no presenta la cadena de búsqueda; la figura 1 muestra la selección de documentos por el tema de búsqueda.

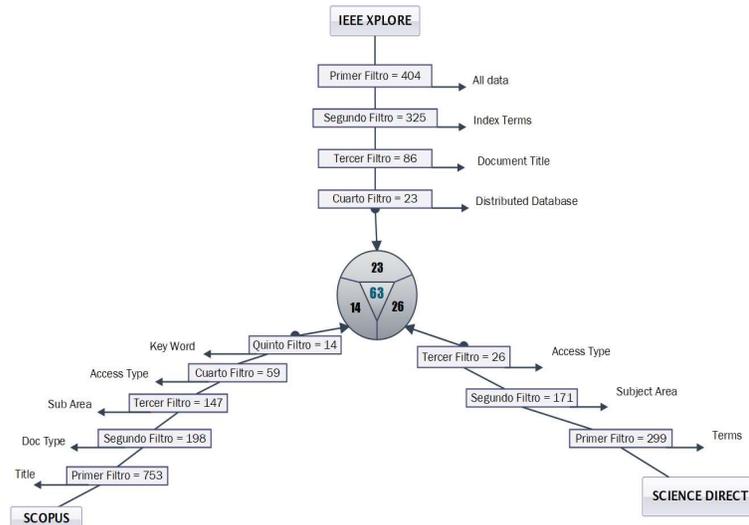


Fig. 1. Búsqueda de artículos científicos.

3.3 Interpretación de los resultados de la revisión sistemática

Este resultado corresponde a la quinta etapa del mapeo sistemático:

Etapa 5: Analizar la segregación de datos.

Aquí respondemos a cada una de las preguntas planteadas en la etapa 1.

Pregunta 1: ¿Cuál es la producción científica sobre la plataforma Blockchain Hyperledger a nivel general desde el año 2016?

La Tabla 2, se presentan los resultados generales de cada biblioteca consultada por año, existe artículos científicos desde año 2017; el año 2019 y 2020 tienen mayor producción de información sobre la plataforma Blockchain hyperledger; aquí SCOPUS tiene gran cantidad de documentos sobre el tema buscado; cabe recalcar que IEEE contiene ramas de las ingenierías, SCOPUS abarca todas las ciencias sociales e ingenierías, y SCIENCE DIRECT abarca ramas de ingenierías y medicina.

Tabla 2. Áreas por bibliotecas virtuales.

AÑO	IEEE	SCOPUS	SCIENCE DIRECT
2017	11	9	6
2018	79	104	27
2019	175	311	72
2020	139	281	174
2021	0	9	15

Pregunta 2: ¿Cuál es la producción científica sobre la plataforma Blockchain Hyperledger en seguridad de bases de datos desde el año 2016?

Después de aplicar los filtros, en IEEE Xplore se obtiene 23 documentos, en SCOPUS se obtiene 14 documentos, en SCIENCE DIRECT se obtiene 26 documentos, en total 63 referencias después de los filtros; la figura 2 presenta las cantidades de producción por cada año.

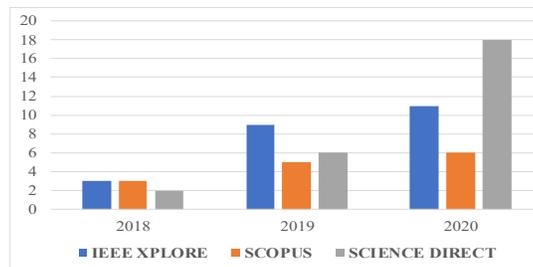


Fig. 2. Cantidad de publicaciones por año.

En la figura 3 se notan que la mayor producción científica pertenece a Science Direct con 41%, luego IEEE con 37% y Scopus con 22%; se recuerda que el primero abarca áreas científica y médica.

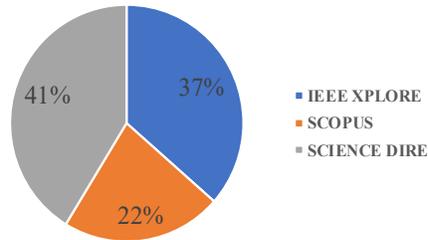


Fig. 3. Impacto de producción científica.

En la Tabla 3 se presentan máximo 10 afiliaciones de las 63 referencias filtradas y finales, en cada columna está agrupada por biblioteca; la mayoría son universidades que investigan la aplicación a Hyperledger a bases de datos; es decir el 13% son centros de investigaciones y el 87% son universidades.

Tabla 3. Afiliaciones de las referencias.

IEEE XPLORE	SCOPUS	SCIENCE DIRECT
Ajou University, Republic of Korea	1 Ajou University, Korea	1 Central Police University, Taiwan
B.M.S.College of Engg., Affiliated to VTU Belagavi, Dept of ISE, Bengaluru	1 Cantho University of Technology, Vietnam	1 Jinan University, China
IBM Client Innovation Center Benelux, the Netherlands	1 Centre Interuniversitaire de Recherche, Canada	1 Khulna University, Bangladesh
IBM Watson Research Center, New York, U.S.	1 Deemed University, India	1 Technological University, India
Information Technology Laboratory Fujitsu Research & Development Center, Suzhou, China	1 IBM Thomas J. Watson Research Center, USA	1 University of Applied Sciences in Geneva, Suiza
LIP6, Sorbonne University, Paris, France	1 Islamic University of Madinah, Arabia Saudi	2 University of Delhi, India
Technical University of Varna, Faculty of Computer Sciences and Automation, Varna, Bulgaria	1 National Taiwan University, Taiwan	1 University of Málaga, España
Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador (UPS)	1 UNITAR International University, Malasia	1 University of North Dakota, USA
University of Massachusetts, Amherst, USA	1 Universiti Kuala Lumpur, Malasia	2 University of Piraeus, Grecia
University of Waterloo, Waterloo, Canada	1 University of the West of England	1 Vanderbilt University, USA

En la Tabla 4 se presentan los países que han generado investigación de Hyperledger sobre bases de datos; la India y Estados Unidos son los mayores investigadores en este tema con 14% y 11% respectivamente.

Tabla 4. Países de producción de referencias.

País	Doc.	País	Doc.	País	Doc.
India	9	Romania	2	Grecia	1
Estados Unidos	7	Suecia	2	Irlanda	1
China	4	Taiwan	2	Luxemburgo	1
España	4	Pakistan	2	Noruega	1
Italia	3	Arabia Saudita	1	Nueva Zelanda	1
Korea	3	Banglades	1	Alemania	1
Malasia	3	Bulgaria	1	Polonia	1
Brasil	2	Canadá	1	Portugal	1
Francia	2	Ecuador	1	Reino Unido	1
Indonesia	2	Emiratos Arabes	1	Tailandia	1

Pregunta 3: ¿Cuáles son las áreas de aplicación de Hyperledger?

En la Tabla 5, se presentan las áreas de aplicaciones de Hyperledger como seguridad para bases de datos; en IEEE Xplore las áreas de mayor aplicación son *bases de datos distribuidas con 4 documentos y seguridad de datos con 4 documentos*; en Science Direct la mayor aplicación es en Salud con 8 documentos y *seguridad de datos con 4 documentos*; SCOPUS abarca ramas de forma general; es decir el 19% de los documentos aplicaron Hyperledger para seguridad de datos.

Tabla 5. Áreas de bibliotecas virtuales.

IEEE XPLORE	SCOPUS	SCIENCE DIRECT	Doc.
Autorizaciones	2 Agricultura	1 Bioinformática	1
Bases de Datos Distribuidas	4 Astronomía	1 Construcción	1
Cloud computing	1 Ciencia de materiales	3 Energía	2
Contratos	1 Ciencias Sociales	1 Finanzas	1
Criptografía	4 Ingeniería	6 IoT	3
Finanzas	1 Medio Ambiente	1 Leyes	2
IoT	3 Química	1 Propiedades	2
Privacidad de datos	3	Salud	8
Seguridad de datos	4	Seguridad de datos	4
		Suministro e Industria	2

En la figura 4 se presentan las cinco mayores áreas de aplicación de Blockchain, aquí se distingue la seguridad de datos con 19%, salud con 13%, ingeniería e IoT con 10%, y criptografía con 6%; las demás áreas tienen menos de 5%.

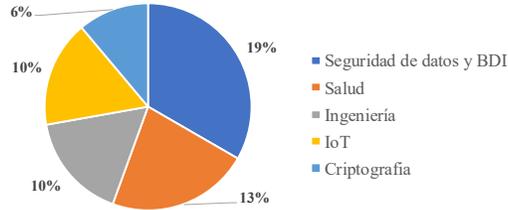


Fig. 4. Impacto en áreas.

Pregunta 4: ¿Cuáles son las características de las referencias encontradas?

El 56% de los documentos son Artículos de Investigación que estudiaron o utilizaron plataforma Hyperledger para la protección de datos; el 38% de los documentos son conferencias y 6% son documentos de revisión (Tabla 6); todos los documentos revisados están en idioma inglés y son acceso abierto.

Tabla 6. Documentos por su tipo.

Tipo de Documentos	Cantidad	%	Referencias
Artículos de revisión	4	6%	[18], [19], [20], [21]
Artículos de investigación	35	56%	[5], [8], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31], [32], [33], [34], [35], [36], [37], [38], [39], [40], [41], [42], [43], [44], [45], [46], [47], [48], [49], [50], [51], [52], [53], [54]
Conferencias	24	38%	[55], [56], [57], [58], [59], [60], [61], [62], [63], [64], [65], [66], [67], [68], [69], [70], [71], [72], [73], [74], [75], [76], [77], [78]
Total	63		

4 Discusión

Relación de los resultados: los 3 resultados están enlazados y basados en las etapas de la metodología utilizada; los datos obtenidos de las referencias fueron tabulados para su interpretación.

Nuestra investigación concuerda con [11] en la búsqueda dentro de las mismas bibliotecas; concuerda con [12] en la elaboración de preguntas; la referencia [13] fue dirigida al área de salud aunque si busca sobre Blockchain; concuerda con [14] en la búsqueda en las mismas bibliotecas; concuerda con [15] en la realización de preguntas y aplicación de Blockchain para protección de datos.

Excepciones: No se buscó con otros sinónimos como red privada o red autorizada o consorcio privado.

La consecuencia teórica de nuestra propuesta es un pequeño aporte al conocimiento sobre la situación de las investigaciones sobre la plataforma Hyperledger para seguridad de bases de datos; una guía de búsqueda de referencias en las 3 bibliotecas virtuales y áreas de aplicación de la tecnología BK.

En contraste con la centralización de funciones y datos, Hyperledger propone datos y funciones distribuidos en los participantes; esto a través de consensos y autorizacio-

nes en una red privada; esta tecnología es utilizada en diversas áreas de ingenierías, medicina y ciencias sociales.

5 Conclusiones

Al tener la primera cantidad de 1451 artículos relacionados al tema Hyperledger con sus primeras apariciones recién desde el año 2016, nos damos cuenta de que esta tecnología disruptiva está siendo investigada, diseñada, implementada y estudiada por universidades e institutos de investigación; además hay casos de implementaciones en empresas; de este conjunto sólo 63 es decir el 4.34% se aplicaron en seguridad en bases de datos.

Se concluyó que la tecnología Hyperledger es apropiada y fundamental para redes de confianza, participantes con credenciales fiables, funciones y datos distribuidos e inmutables; nuestra propuesta es una pequeña guía para conocer la situación y posible tendencia sobre esta plataforma revisada.

El primer resultado corresponde al desarrollo de la tercera etapa del mapeo sistemático, es decir la selección de las referencias; el segundo resultado corresponde al desarrollo de la cuarta etapa del mapeo sistemático, es decir la clasificación de las referencias; el tercer resultado corresponde al desarrollo de la quinta etapa, es decir el análisis de los datos.

Acknowledgment

Agradecemos a la Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador por la realización de este trabajo.

References

1. Shen, C., Pena-Mora, F.: Blockchain for Cities - A Systematic Literature Review. *IEEE Access*. 6, 76787–76819 (2018). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2880744>
2. Wang, S., Ouyang, L., Yuan, Y., Ni, X., Han, X., Wang, F.Y.: Blockchain-Enabled Smart Contracts: Architecture, Applications, and Future Trends. *IEEE Trans. Syst. Man, Cybern. Syst.* 49, 2266–2277 (2019). <https://doi.org/10.1109/TSMC.2019.2895123>
3. Llerena, J., Mendez, A., Sanchez, F.: Analysis of the Factors that Condition the Implementation of a Backhaul Transport Network in a Wireless ISP in an Unlicensed 5 GHz Band, in the Los Tubos Sector of the Durán Canton. In: 2019 International Conference on Information Systems and Computer Science (INCISCOS). pp. 15–22. IEEE (2019)
4. Yuan, P., Xiong, X., Lei, L., Zheng, K.: Design and Implementation on Hyperledger-Based Emission Trading System. *IEEE Access*. 7, 6109–6116 (2019). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2888929>
5. Wang, P., Meng, J., Chen, J., Liu, T., Zhan, Y., Tsai, W.T., Jin, Z.: Smart Contract-Based Negotiation for Adaptive QoS-Aware Service Composition. *IEEE Trans. Parallel Distrib. Syst.* 30, 1403–1420 (2019). <https://doi.org/10.1109/TPDS.2018.2885746>

6. Llerena-Izquierdo, J., Procel-Jupiter, F., Cunalema-Arana, A.: Mobile Application with Cloud-Based Computer Vision Capability for University Students' Library Services. *Adv. Intell. Syst. Comput.* 1277, 3–15 (2021). https://doi.org/10.1007/978-3-030-60467-7_1
7. López, C., Parra, A.: Análisis técnico de los recursos disponibles de la UEFS Santa María Mazzarello de Guayaquil para el diseño e implementación de un escenario de arquitectura, <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10286>
8. López-Chila, R., Llerena-Izquierdo, J., Sumba-Nacipucha, N.: Collaborative Work in the Development of Assessments on a Moodle Learning Platform with ExamView. *Adv. Intell. Syst. Comput.* 1277, 131–141 (2021). https://doi.org/10.1007/978-3-030-60467-7_11
9. Perboli, G., Musso, S., Rosano, M.: Blockchain in Logistics and Supply Chain: A Lean Approach for Designing Real-World Use Cases. *IEEE Access.* 6, 62018–62028 (2018). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2875782>
10. Lu, Z., Wang, Q., Qu, G., Zhang, H., Liu, Z.: A Blockchain-Based Privacy-Preserving Authentication Scheme for VANETs. *IEEE Trans. Very Large Scale Integr. Syst.* 27, 1–10 (2019). <https://doi.org/10.1109/tvlsi.2019.2929420>
11. Mohite, A., Acharya, A.: Blockchain for government fund tracking using Hyperledger. *Proc. Int. Conf. Comput. Tech. Electron. Mech. Syst. CTEMS 2018.* 231–234 (2018). <https://doi.org/10.1109/CTEMS.2018.8769200>
12. Ampel, B., Patton, M., Chen, H.: Performance modeling of hyperledger sawtooth blockchain. 2019 *IEEE Int. Conf. Intell. Secur. Informatics, ISI 2019.* 59–61 (2019). <https://doi.org/10.1109/ISI.2019.8823238>
13. Cui, P., Dixon, J., Guin, U., Dimase, D.: A Blockchain-Based Framework for Supply Chain Provenance. *IEEE Access.* 7, 157113–157125 (2019). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2949951>
14. Melo, W.S., Bessani, A., Neves, N., Santin, A.O., Carmo, L.F.R.C.: Using Blockchains to Implement Distributed Measuring Systems. *IEEE Trans. Instrum. Meas.* 68, 1503–1514 (2019). <https://doi.org/10.1109/TIM.2019.2898013>
15. Alharby, M., Van Moorsel, A.: Blockchain-Based Smart Contracts : a Systematic Mapping Study. *arXiv.* (2017)
16. Lund, E.H., Jaccheri, L., Li, J., Cico, O., Bai, X.: Blockchain and sustainability: A systematic mapping study. *Proc. - 2019 IEEE/ACM 2nd Int. Work. Emerg. Trends Softw. Eng. Blockchain, WETSEB 2019.* 16–23 (2019). <https://doi.org/10.1109/WETSEB.2019.00009>
17. Mazlan, A.A., Daud, S.M., Sam, S.M., Abas, H., Rasid, S.Z.A., Yusof, M.F.: Scalability Challenges in Healthcare Blockchain System-A Systematic Review. *IEEE Access.* 8, 23663–23673 (2020). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2969230>
18. Kumar, A., Kumar, S.: A systematic review of the research on disruptive technology - Blockchain. *Proc. 5th Int. Conf. Commun. Electron. Syst. ICCES 2020.* 900–905 (2020). <https://doi.org/10.1109/ICCES48766.2020.09138055>
19. Dashkevich, N., Counsell, S., Destefanis, G.: Blockchain Application for Central Banks: A Systematic Mapping Study. *IEEE Access.* 8, 139918–139952 (2020). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3012295>
20. Petersen, K., Feldt, R., Mujtaba, S., Mattsson, M.: Systematic mapping studies in software engineering. (2008)
21. Corona, C.N., Montoya, M.S.R.: Mapeo sistemático de la literatura sobre evaluación docente (2013-2017). *Educ. e Pesqui.* 44, 1–23 (2018). <https://doi.org/10.1590/s1678-4634201844185677>

22. Hasselgren, A., Krlevska, K., Gligoroski, D., Pedersen, S.A., Faxvaag, A.: Blockchain in healthcare and health sciences—A scoping review. *Int. J. Med. Inform.* 134, 104040 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2019.104040>
23. Lim, S.Y., Fotsing, P.T., Almasri, A., Musa, O., Kiah, M.L.M., Ang, T.F., Ismail, R.: Blockchain technology the identity management and authentication service disruptor: A survey. *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.* 8, 1735–1745 (2018). <https://doi.org/10.18517/ijaseit.8.4-2.6838>
24. Li, D., Wong, W.E., Guo, J.: A Survey on Blockchain for Enterprise Using Hyperledger Fabric and Composer. *Proc. - 2019 6th Int. Conf. Dependable Syst. Their Appl. DSA 2019.* 71–80 (2020). <https://doi.org/10.1109/DSA.2019.00017>
25. Casino, F., Dasaklis, T.K., Patsakis, C.: A systematic literature review of blockchain-based applications: Current status, classification and open issues, (2019)
26. Guimarães, T., Moreira, A., Peixoto, H., Santos, M.: ICU Data Management - A Permissioned Blockchain Approach. *Procedia Comput. Sci.* 177, 546–551 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.10.076>
27. Roehrs, A., da Costa, C.A., da Rosa Righi, R., da Silva, V.F., Goldim, J.R., Schmidt, D.C.: Analyzing the performance of a blockchain-based personal health record implementation. *J. Biomed. Inform.* 92, 103140 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2019.103140>
28. Polge, J., Robert, J., Le Traon, Y.: Permissioned blockchain frameworks in the industry: A comparison. *ICT Express.* (2020). <https://doi.org/10.1016/j.ict.2020.09.002>
29. Parthornratt, T., Kitsawat, D., Putthapipat, P., Koronjaruwat, P.: A Smart Home Automation Via Facebook Chatbot and Raspberry Pi. *2018 2nd Int. Conf. Eng. Innov. ICEI 2018.* 52–56 (2018). <https://doi.org/10.1109/ICEI18.2018.8448761>
30. Sangwan, R.S., Kassab, M., Capitolo, C.: Architectural considerations for blockchain based systems for financial transactions. *Procedia Comput. Sci.* 168, 265–271 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.02.252>
31. Zhang, X., Sun, P., Xu, J., Wang, X., Yu, J., Zhao, Z., Dong, Y.: Blockchain-based safety management system for the grain supply chain. *IEEE Access.* 8, 36398–36410 (2020). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2975415>
32. Panduwinata, F., Yugopuspito, P.: BPMN approach in blockchain with hyperledger composer and smart contract: Reservation-based parking system. *Proc. 2019 5th Int. Conf. New Media Stud. CONMEDIA 2019.* 89–93 (2019). <https://doi.org/10.1109/CONMEDIA46929.2019.8981845>
33. Talamo, M., Arcieri, F., Dimitri, A., Schunck, C.H.: A blockchain based PKI validation system based on rare events management. *Futur. Internet.* 12, (2020). <https://doi.org/10.3390/fi12020040>
34. Alkhodre, A., Ali, T., Jan, S., Alsaawy, Y., Khusro, S., Yasar, M.: A Blockchain-based value added tax (VAT) system: Saudi Arabia as a use-case. *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.* 10, 708–716 (2019). <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2019.0100588>
35. Lee, Y.T., Lin, J.J., Hsu, J.Y.J., Wu, J.L.: A Time Bank System Design on the Basis of Hyperledger Fabric Framework. *IEEE Int. Conf. Blockchain Cryptocurrency, ICBC 2020.* 1–16 (2020). <https://doi.org/10.1109/ICBC48266.2020.9169476>
36. Vinay Kumar, B.L.V., Raja Kumar, K.: Collaboration of blockchain and machine learning in healthcare industry. *Int. J. Eng. Adv. Technol.* 9, 2642–2645 (2019). <https://doi.org/10.35940/ijeat.A9871.109119>
37. Vyas, A., Nadkar, L., Shah, S.: Critical connection of blockchain development platforms. *Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng.* 8, 380–385 (2019). <https://doi.org/10.35940/ijitee.I1082.0789S219>

38. Abdeen, M., Jan, S., Khan, S., Ali, T.: Employing Takaful islamic banking through state of the art blockchain: A case study. *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.* 10, 648–654 (2019). <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2019.0101283>
39. Kim, S., Kim, J., Kim, D.: Implementation of a blood cold chain system using blockchain technology. *Appl. Sci.* 10, (2020). <https://doi.org/10.3390/app10093330>
40. Lee, S., Lee, J., Hong, S., Kim, J.H.: Lightweight end-to-end blockchain for IoT applications. *KSII Trans. Internet Inf. Syst.* 14, 3224–3242 (2020). <https://doi.org/10.3837/tiis.2020.08.004>
41. Novotny, P., Zhang, Q., Hull, R., Baset, S., Laredo, J., Vaculin, R., Ford, D.L., Dillenberger, D.N.: Permissioned blockchain technologies for academic publishing. *Inf. Serv. Use.* 38, 159–171 (2018). <https://doi.org/10.3233/ISU-180020>
42. Rasool, S., Iqbal, M., Dagiuklas, T., Ul-Qayyum, Z., Li, S.: Reliable Data Analysis through Blockchain based Crowdsourcing in Mobile Ad-hoc Cloud. *Mob. Networks Appl.* 25, 153–163 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11036-019-01221-x>
43. Alam, K.M., Ashfiquar Rahman, J.M., Tasnim, A., Akther, A.: A Blockchain-based Land Title Management System for Bangladesh. *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.* (2020). <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2020.10.011>
44. Hunhevicz, J.J., Hall, D.M.: Do you need a blockchain in construction? Use case categories and decision framework for DLT design options. *Adv. Eng. Informatics.* 45, (2020). <https://doi.org/10.1016/j.aei.2020.101094>
45. Agung, A.A.G., Handayani, R.: Blockchain for smart grid. *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.* (2020). <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2020.01.002>
46. Sund, T., Löf, C., Nadjm-Tehrani, S., Asplund, M.: Blockchain-based event processing in supply chains—A case study at IKEA. *Robot. Comput. Integr. Manuf.* 65, (2020). <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2020.101971>
47. El-Rewini, Z., Sadatsharan, K., Selvaraj, D.F., Plathottam, S.J., Ranganathan, P.: Cybersecurity challenges in vehicular communications. *Veh. Commun.* 23, 1–28 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.vehcom.2019.100214>
48. Casey, E.: Forensic Science International: Digital Investigation Trust in digital evidence. *Forensic Sci. Int. Digit. Investig.* 31, 200898 (2019)
49. García-Valls, M., Dubey, A., Botti, V.: Introducing the new paradigm of Social Dispersed Computing: Applications, Technologies and Challenges. *J. Syst. Archit.* 91, 83–102 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.sysarc.2018.05.007>
50. Reyna, A., Martín, C., Chen, J., Soler, E., Díaz, M.: On blockchain and its integration with IoT. Challenges and opportunities. *Futur. Gener. Comput. Syst.* 88, 173–190 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.05.046>
51. Son, H.X., Nguyen, M.H., Phien, N.N., Le, H.T., Nguyen, Q.N., Dinh, V.D., Tru, P.T., Nguyen, T.P.: Towards a mechanism for protecting seller’s interest of cash on delivery by using smart contract in hyperledger. *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.* 10, 45–50 (2019). <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2019.0100405>
52. Foschini, L., Gavagna, A., Martuscelli, G., Montanari, R.: Hyperledger Fabric Blockchain: Chaincode Performance Analysis. *IEEE Int. Conf. Commun.* 2020-June, (2020). <https://doi.org/10.1109/ICC40277.2020.9149080>
53. Nakaïke, T., Zhang, Q., Ueda, Y., Inagaki, T., Ohara, M.: Hyperledger Fabric Performance Characterization and Optimization Using GoLevelDB Benchmark. *IEEE Int. Conf. Blockchain Cryptocurrency, ICBC 2020.* 1–9 (2020). <https://doi.org/10.1109/ICBC48266.2020.9169454>

54. Aleksieva, V., Valchanov, H., Hulyan, A.: Implementation of Smart-Contract , Based on Hyperledger Fabric Blockchain. 20–23 (2020)
55. Alamir, O., Raman, R., Alhashimi, A.F., Almoaber, F.A., Alremeithi, A.H.: M-Blocks (Medical Blocks): A blockchain based approach for patient record management using IBM Hyperledger. ITT 2019 - Inf. Technol. Trends Emerg. Technol. Blockchain IoT. 24–31 (2019). <https://doi.org/10.1109/ITT48889.2019.9075088>
56. Ranjan, S., Negi, A., Jain, H., Pal, B., Agrawal, H.: Network System Design using Hyperledger Fabric: Permissioned Blockchain Framework. 2019 12th Int. Conf. Contemp. Comput. IC3 2019. (2019). <https://doi.org/10.1109/IC3.2019.8844940>
57. Kim, Y., Kim, K.H., Kim, J.H.: Power Trading Blockchain using Hyperledger Fabric. Int. Conf. Inf. Netw. 2020-January, 821–824 (2020). <https://doi.org/10.1109/ICOIN48656.2020.9016428>
58. Wuthikam, R., Hui, Y.G.: Prototype of blockchain in dental care service application based on hyperledger composer in hyperledger fabric framework. 2018 22nd Int. Comput. Sci. Eng. Conf. ICSEC 2018. 2018–2021 (2018). <https://doi.org/10.1109/ICSEC.2018.8712639>
59. Guimarães, T., Silva, H., Peixoto, H., Santos, M.: Modular Blockchain Implementation in Intensive Medicine. Procedia Comput. Sci. 170, 1059–1064 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.073>
60. Chen, Z.: Re-examination of a Bioinformatics Database Course: Engaging Blockchain Technology. Procedia Comput. Sci. 162, 368–374 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.11.297>
61. Sharma, Y., Balamurugan, B.: Preserving the Privacy of Electronic Health Records using Blockchain. Procedia Comput. Sci. 173, 171–180 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.06.021>
62. Usman, M., Qamar, U.: Secure Electronic Medical Records Storage and Sharing Using Blockchain Technology. Procedia Comput. Sci. 174, 321–327 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.06.093>
63. Moisés, S., Toapanta, T., Enrique, L., Gallegos, M., Gerardo, M., Villalta, G., Salomon, N., Saltos, M.: A Hyperledger Technology Approach to Mitigate the Risks of the Database in Foreign Trade Management A Hyperledger Technology Approach to Mitigate the Risks of the Database in Foreign Trade Management. (2020). <https://doi.org/10.1109/ICICT50521.2020.00055>
64. Gorenflo, C., Lee, S., Golab, L., Keshav, S.: FastFabric: Scaling hyperledger fabric to 20,000 transactions per second. arXiv. 455–463 (2019)
65. Soelman, M., Andrikopoulos, V., Perez, J.A., Theodosiadis, V., Goense, K., Rutjes, A.: Hyperledger Fabric: Evaluating Endorsement Policy Strategies in Supply Chains. Proc. - 2020 IEEE Int. Conf. Decentralized Appl. Infrastructures, DAPPS 2020. 145–152 (2020). <https://doi.org/10.1109/DAPPS49028.2020.00019>
66. Toapanta Toapanta, S.M., Prado Quintana, T.F., Maciel Arellano, M.R., Mafla Gallegos, L.E.: Hyperledger Technology in Public Organizations in Ecuador. 2020 3rd Int. Conf. Inf. Comput. Technol. 294–301 (2020). <https://doi.org/10.1109/ICICT50521.2020.00052>
67. Nguyen, T.S.L., Jourjon, G., Potop-Butucaru, M., Thai, K.L.: Impact of network delays on Hyperledger Fabric. arXiv. 222–227 (2019)
68. Zhou, E., Sun, J., Sun, H., Yamashita, K., Pi, B., Nomura, Y.: Ledgerdata refiner: A powerful ledger data query platform for hyperledger fabric. arXiv. 433–440 (2019)
69. Kuzlu, M., Pipattanasompom, M., Gurses, L., Rahman, S.: Performance analysis of a hyperledger

- fabric blockchain framework: Throughput, latency and scalability. Proc. - 2019 2nd IEEE Int. Conf. Blockchain, Blockchain 2019. 536–540 (2019). <https://doi.org/10.1109/Blockchain.2019.00003>
70. Fernandes, A., Rocha, V., Conceicao, A.F.D., Horita, F.: Scalable Architecture for sharing EHR using the Hyperledger Blockchain. Proc. - 2020 IEEE Int. Conf. Softw. Archit. Companion, ICSA-C 2020. 130–138 (2020). <https://doi.org/10.1109/ICSA-C50368.2020.00032>
 71. Alshalali, T., Mbale, K., Josyula, D.: Security and privacy of electronic health records sharing using hyperledger fabric. Proc. - 2018 Int. Conf. Comput. Sci. Comput. Intell. CSCI 2018. 760–763 (2018). <https://doi.org/10.1109/CSCI46756.2018.00152>
 72. Jung, P.Y., Tsai, F.C.: An AutoTriage B-CoC model in digital forensic investigation. Procedia Comput. Sci. 176, 1729–1735 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.09.211>
 73. Brunese, L., Mercaldo, F., Reginelli, A., Santone, A.: A blockchain based proposal for protecting healthcare systems through formal methods. Procedia Comput. Sci. 159, 1787–1794 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.350>
 74. Bedi, P., Gole, P., Dhiman, S., Gupta, N.: Smart Contract based Central Sector Scheme of Scholarship for College and University Students. Procedia Comput. Sci. 171, 790–799 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.04.086>
 75. Clim, A., Zota, R.D., Constantinescu, R.: Data exchanges based on blockchain in m-health applications. In: Procedia Computer Science. pp. 281–288 (2019)
 76. Sahmim, S., Gharsellaoui, H., Bouamama, S.: Edge computing: Smart identity wallet based architecture and user centric. Procedia Comput. Sci. 159, 1246–1257 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.294>
 77. Dhulavvagol, P.M., Bhajantri, V.H., Totad, S.G.: Blockchain Ethereum Clients Performance Analysis Considering E-Voting Application. Procedia Comput. Sci. 167, 2506–2515 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.303>
 78. Krishnapriya, S., Sarath, G.: Securing Land Registration using Blockchain. Procedia Comput. Sci. 171, 1708–1715 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.04.183>
 79. Alboaie, S., Ursache, N.C., Alboaie, L.: Self-sovereign applications: Return control of data back to people. In: Procedia Computer Science. pp. 1531–1539 (2020)
 80. Karandikar, N., Chakravorty, A., Rong, C.: RenewLedger: Renewable energy management powered by Hyperledger Fabric. Proc. - IEEE Symp. Comput. Commun. 2020-July, 1–6 (2020). <https://doi.org/10.1109/ISCC50000.2020.9219651>
 81. Naveen Kumar, S., Dakshayini, M.: Secure sharing of health data using hyperledger fabric based on blockchain technology. 2020 Int. Conf. Mainstreaming Block Chain Implementation, ICOMBI 2020. (2020). <https://doi.org/10.23919/ICOMBI48604.2020.9203442>
 82. Schaefer, C., Edman, C.: Transparent logging with hyperledger fabric. ICBC 2019 - IEEE Int. Conf. Blockchain Cryptocurrency. 65–69 (2019). <https://doi.org/10.1109/BLOC.2019.8751339>