

Preliminary Results of a Multi-Vocal Literature Review of Blockchain Networks

Juan Manuel Sobral
Universidad ORT Uruguay
Montevideo, Uruguay
juanmsobral@gmail.com

Martin Solari
Universidad ORT Uruguay
Montevideo, Uruguay
martin.solari@ort.edu.uy

Santiago Matalonga
University of the West of Scotland
Glasgow, United Kingdom
santiago.matalonga@uws.ac.uk

Abstract—Blockchain technology has fostered many projects, which have seen in it an alternative to carry out data management without relying on a trusted third party. However, business are failing to adopt this technology, and many applications are left over to proof of concepts. Furthermore, new Blockchain networks are emerging every year, hindering the decision to use this technology. The objective of this work is to have preliminary results on identifying available Blockchain networks. Recognizing their main characteristics: the type of consensus algorithm, centralization, and origin of the network, among others. We carried out a Multi-Vocal Review to identify the available Blockchain networks and analyze their most relevant characteristics. Resulting in a characterization of 112 Blockchain networks, offering a guide for the software developer, so that strategic decisions can be made when incorporating this technology.

Keywords—Blockchain, Smart Contracts, Software Architecture, Multi-Vocal Review

I. INTRODUCCIÓN

Blockchain es una nueva forma de guardar información con el potencial para revolucionar la economía del mundo [25]. Es considerada una tecnología emergente para la descentralización y el intercambio de datos transaccionales en grandes redes de participantes desconocidos. Esta tecnología introduce cambios, donde los nuevos estados del sistema son alcanzados sin confiar en una autoridad central [26]. La estructura de los datos es organizada en bloques, los cuales tienen referencias al bloque anterior de la cadena. Mediante técnicas criptográficas, la información contenida en un bloque sólo se puede editar modificando todos los bloques posteriores [9].

Blockchain es una tecnología emergente, por lo que muchas veces su incorporación representa un desafío para los desarrolladores de software. En este estudio desarrollamos una *revisión multi-vocal de la literatura* (o *multi-vocal literature review*), [12] para identificar y caracterizar las principales redes de Blockchain disponibles y sus aspectos claves. Se utilizó esta metodología porque se trata de un contexto donde existe información relevante cuyas fuentes no son académicas o no pasaron un proceso formal de revisión de pares.

Luego de identificar las redes de Blockchain disponibles, analizamos los algoritmos de consenso, si las redes aceptan o no *smart contracts*, junto con otras características como:

dominio, centralización, estructura del “ledger” y configuración de los bloques. Siendo estos aspectos fundamentales que se pueden considerar para la adopción de la tecnología Blockchain en una arquitectura de software.

Al incorporar tecnología de Blockchain a un proyecto, se deben tomar en consideración una serie de decisiones de arquitectura que afectan como los atributos de calidad del sistema, tales como: privacidad, escalabilidad, seguridad, eficiencia y transparencia y confiabilidad [26]. Las características de la red afectan estos atributos.

El presente artículo se estructura de la siguiente manera: II. Definiciones y Trabajos Previos, III. Metodología, IV. Resultados, V. Discusión y VI. Conclusiones.

II. DEFINICIONES Y TRABAJOS PREVIOS

II-A. Tipos de redes de Blockchain

Se define un **sistema centralizado**, como aquel en el que los procesos de cómputo son efectuados en una localización central, usando terminales conectados a una computadora central. La computadora en sí misma puede controlar todos los puertos periféricos directamente (si están físicamente conectados con la computadora central), o conectados a través de un servidor de terminal. También están los sistemas de información interconectados en el que ninguna entidad es la autoridad única, sino que hay un centro colectivo de diversos nodos. En informática y en la tecnología de la información, estos sistemas usualmente adoptan la forma de computadoras en red y son conocidos como **sistemas descentralizados**. En estos, si bien la red no cae ante la caída de nodos, cuando uno de los nodos reguladores cae, se produce la desconexión de uno o varios nodos del conjunto de la red. Finalmente, los **sistemas distribuidos** se caracterizan como una colección de computadoras independientes que es presentada a sus usuarios como un sistema coherente único, [24]. Cada nodo es independiente y puede moverse libremente, por lo cual hay una ausencia de un centro individual o colectivo.

Las redes de Blockchain pueden ser clasificadas según su accesibilidad [5]. Las **Blockchain públicas** son aquellas que están accesibles para que cualquier usuario pueda leer, enviar transacciones, y participar en el proceso de consenso. Estas son las redes consideradas como totalmente descentralizadas. Mientras que las **Blockchain de consorcios**, se refieren a redes donde el proceso de consenso es controlado por un número

preseleccionado de nodos. El derecho a leer puede ser público o permissionado para participantes, y pueden agregarse reglas de acceso. Estas Blockchain son consideradas parcialmente descentralizadas. Las **Blockchain privadas** son Blockchain en donde los permisos de escrituras se centralizan en una organización. El acceso puede ser público o restrictivo. Una red Blockchain de este tipo puede considerarse como un sistema centralizado con un grado de auditabilidad criptográfica.

Generalmente se asocia a las redes de Blockchain con las criptomonedas, pero con la segunda generación de las redes nace el concepto de **smart contracts** (contratos inteligentes). Estos son un segmento de código ejecutable que corre sobre la red de Blockchain para autónomamente facilitar, ejecutar y hacer cumplir un conjunto de reglas predefinidas en un acuerdo, sin la necesidad de una tercera parte. Como residen dentro de la red de Blockchain, cada contrato tiene un identificador único para diferenciarlos, y permitir que los usuarios que pueden interactuar con ellos. [23]

Una de las características más relevantes de Blockchain es cómo una red de nodos desconocidos se pone de acuerdo para validar y registrar nuevos conjuntos de datos. Esta situación es otra aplicación del problema de Byzantine Generals (BG), presente desde 1982 [15]. Como lograr el consenso en un sistema distribuido es un desafío del **algoritmo de consenso**.

El **algoritmo de consenso** es un acuerdo alcanzado por la mayoría de los nodos participantes de una red con respecto a el estatus de estos y su protocolo [18]. Se encargan de asegurar que las reglas del protocolo son respetadas y garantizando que todas las transacciones tienen lugar de una forma fiable; lo que implica, por ejemplo, que las criptomonedas sólo podrán ser gastadas una vez [18]. Es el algoritmo de consenso el encargado del rendimiento y seguridad en una red [10] [2].

II-B. Trabajos Previos

Existen mapeos sistemáticos sobre Blockchain aplicado en diversos sectores, como la cadena de suministro, negocios, atención médica, IoT, privacidad y gestión de datos, donde se establecen temas claves, tendencias y áreas emergentes para la investigación. Pero ninguno de estos caracterizan cuáles son las redes que se están aplicando, sino que resumen el número de artículos.

- Blockchain for the Internet of Things: a Systematic Literature Review [16]: A partir de 1.511 artículos, de los cuales se quedan con 35.
- A Systematic Review of the Use of Blockchain in Healthcare - MDPI [17]: A partir de 12.000 artículos, de los cuales se quedan con 71.
- Blockchain for Cities—A Systematic Literature Review [7]: A partir de 3827 artículos, de los cuales se quedan con 1591.
- Supply Chain Management based on Blockchain: A Systematic Mapping Study [27]: A partir de 227 artículos, de los cuales se quedan con 24.

Con esta motivación, otros autores han realizado mapeos sistemáticos mas generales con la finalidad de estudiar el estado actual de esta tecnología. En el trabajo realizado por

Yli-Huomo y colegas [28] tuvo como objetivo comprender las tendencias de investigación actuales en el marco de la tecnología Blockchain, los desafíos y las direcciones futuras con respecto a dicha tecnología desde la perspectiva técnica. En su trabajo utilizaron 41 artículos primarios de bases de datos científicas. Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que el foco en más del 80 % de los documentos está en el sistema Bitcoin y menos del 20 % se ocupa de otras aplicaciones de Blockchain que incluyen, por ejemplo, contratos inteligentes y licencias.

En el la revisión sistemática realizada por Konstantinidis y colegas [14], se realizó a cabo una encuesta con el objetivo de señalar las áreas en las que se están desarrollando aplicaciones y servicios de tecnología Blockchain tanto en el sector público como en el privado. Este artículo concluye en que si bien hay áreas de aplicación, es necesario mas avance en la investigación y literatura formal. De estos estudios secundarios se ha obtenido como conclusión que existe falta de investigación cualitativa y cuantitativa. Lo que implica que el alcance de utilizar la tecnología Blockchain aún no se ha evaluado sobre una base científica empírica. [19].

Es importante aclarar que no se encontraron trabajos con un resultado similar al alcance de este artículo.

III. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

III-A. Introducción

La metodología de investigación seleccionada es una Multivocal Literature Review (MLR), la cual ha sido escogida en nuestro trabajo por ser la que une las características que se adaptan a nuestro tema de investigación. Una MLR permite incluir un abanico más amplio de información, principalmente en temas tecnológicos innovadores [12]. Con esta metodología se puede considerar como información válida literatura gris tal como blogs, videos, whitepapers. En particular para la área este trabajo, mucha información relevante se encuentra en blogs y whitepapers¹ de los creadores/programadores de las distintas redes. Además que existe un relativo bajo número de trabajos académicos que aporten evidencia al problema [6].

Respecto al procesos de la MLR, en este trabajo se aplicaron las guías de Garousi y colegas [12] para determinar la pertinencia de este método de investigación al área de trabajo:

- ¿Es el tema complejo y no solucionable únicamente considerando la literatura formal?
- ¿Existe una falta de volumen o calidad de evidencia, o una falta de consenso de medición de resultados en la literatura formal?
- ¿La información contextual es importante para el tema en estudio?
- ¿Es el objetivo validar o corroborar los resultados científicos con experiencias prácticas?
- ¿Es el objetivo desafiar los supuestos o falsear los resultados de la práctica utilizando la investigación académica?

¹El término *whitepaper* se refiere a la documentación técnica provista por los creadores de las redes de Blockchain en donde documentan sus decisiones de diseño. Esta es una práctica que se ha vuelto usual en el área de desarrollo de redes de Blockchain

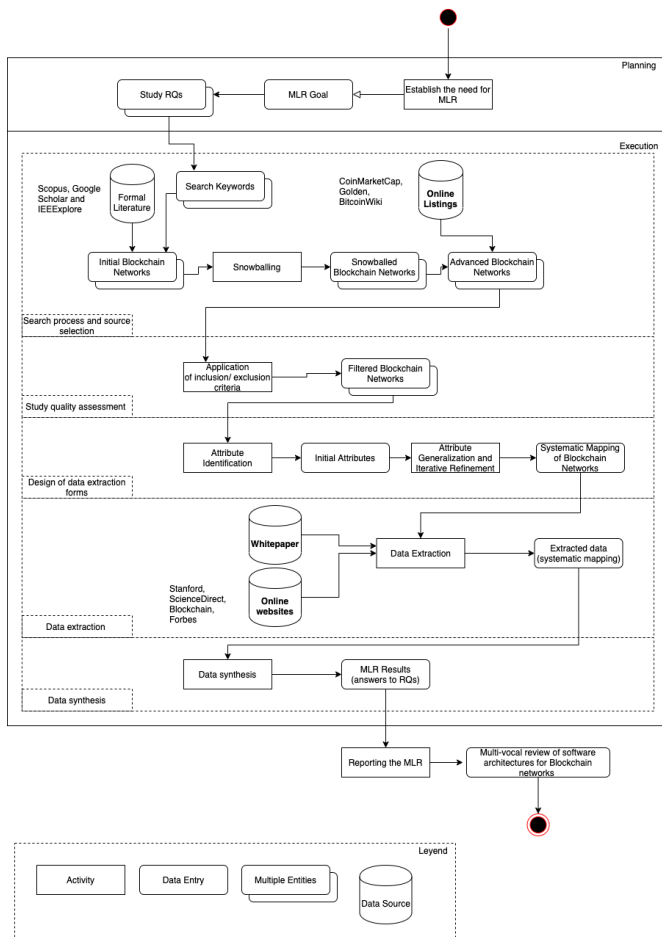


Figura 1. Diagrama de la metodología de investigación

- ¿Sería la síntesis de ideas y evidencias de la industria, útiles para el área académica o para ambas?
- ¿Existe un gran volumen de datos en el área práctica, que indiquen un alto interés de los profesionales en un tema?

La respuesta a todas estas preguntas es afirmativa, ya que la tecnología Blockchain es considerado un tema de investigación emergente, en la cual mucha de la información que existe en esta área no es académica. En la sección de anterior presentamos estudios secundarios que identifican redes de Blockchain en la magnitud de las decenas por área de aplicación. Es un área que podemos asegurar que evolucionó antes en la practica industrial que en el mundo académico. Por todo esto consideramos que es apropiado utilizar una MLR.

Para garantizar el rigor y la replicación del método descrito en este trabajo, se desarrolló un procedimiento de investigación basado en las recomendaciones de [1].

III-B. Objetivo

El objetivo de este MLR es identificar cuáles son las distintas redes de Blockchain y caracterizarlas. Reconociendo propiedades que puedan afectar los atributos de calidad relacionados con la misma, como: seguridad, transparencia,

privacidad, escalabilidad, eficiencia. La importancia de cada uno de estos atributos, radica en que le aportan valor a cada proyecto, ya que son estos los que garantizan el buen rendimiento y funcionamiento de la red, así como la integridad de la información que dicha red maneja.

Establecer esta identificación servirá en un futuro de referencia para arquitectos de software y desarrolladores al poder decidir sobre la necesidad de aplicar Blockchain en sus proyectos y sobre cuál red es más aplicable.

III-C. Preguntas de la investigación

Para facilitar la estructura y desarrollo del trabajo hemos formulado las preguntas específicas que deseamos responder en esta investigación, lo cual nos ha servido de referencia para llevar a a cabo una ruta coherente para el alcance de los objetivos trazados.

- RQ1 ¿Cuáles son las redes de Blockchain disponibles?
 RQ2 ¿Qué tipo de centralización tienen?
 RQ3 ¿Cuál es su dominio de aplicación?
 RQ4 ¿Cuál es su algoritmo de consenso?
 RQ5 ¿La red permite smart contracts? En caso de ser afirmativo: ¿Cuáles son los lenguajes de programación que utilizan?
 RQ6 ¿Cuál es la naturaleza de la red? ¿Nace como una tecnología independiente o a partir de otra red previamente existente?

Las preguntas planteadas ayudarán a tener una visión de cada Blockchain incluida. Presentar una respuesta precisa de cada una de las interrogantes ha permitido generar un contenido acerca de los aspectos técnicos fundamentales para la puesta en marcha del desarrollo de una red Blockchain.

Es de gran ayuda ya que proporcionaremos gran cantidad de información de forma condensada, ahorrándole tiempo a los arquitectos de software que se planteen la posibilidad de utilizar la tecnología Blockchain en alguno de sus proyectos.

III-D. Estrategia de búsqueda

Para la búsqueda de información, el subconjunto de artículos académicos se tomaron de las siguientes fuentes: Scopus, Google Scholar e IEEEExplore. Así como en la realización de snowballing usando Scopus sobre los artículos más referenciados.

Se realizó primero una búsqueda general intentando encontrar artículos en la intersección de las arquitecturas de software y Blockchain, sin éxito. Luego de varias pruebas sobre cadenas de búsqueda, se decidió utilizar una cadena más general, buscando en título y abstract:

'BLOCKCHAIN' OR 'BLOCKCHAIN SYSTEMS' OR 'BLOCKCHAIN SYSTEMS' OR 'BLOCKCHAIN PLATFORMS' OR 'BLOCKCHAIN NETWORKS' OR 'BLOCKCHAIN ARCHITECTURE' OR 'BLOCKCHAIN SOFTWARE ARCHITECTURE' OR 'BLOCKCHAIN EXAMPLES'

Vale destacar que la unidad de estudio en esta MLR son las redes de Blockchain, y no los artículos. La cadena de búsqueda anterior resulta en la identificación de mas de 100.000 artículos en distintos buscadores. Se revisaron títulos y abstract de

los primeros 500 de cada portal (ordenado por cantidad de referencias), buscando las redes de Blockchain a las cuales los artículos hacían referencia. Fue muy importante para poder completar la identificación de las redes, recurrir a los siguientes sitios: [3], [13] o [8]. Además de analizar las opciones ofrecidas por los principales proveedores de computación en la nube: Amazon, IBM, Google, Oracle y Microsoft. Fueron utilizados portales externos de información para abordar sobre los detalles de cada una de las redes, como: [4] [21] [22] [8] o [11]. Además de utilizar los whitepapers oficiales de cada una de las redes.

Los criterios de inclusión descritos en el sección siguiente aplican a las redes de Blockchain, no a los artículos.

III-E. Criterio de inclusión de una Red Blockchain en el estudio

Para elegir si una red era incluida o no en alcance del estudio, se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

- La red debe tener whitepaper publicado y accesible.
- Tener actividad en el último año, es decir proyectos activos. Lo cual puede verificarse con que aparezca en las noticias y/o tenga artículos de investigación recientes.
- Tener proyectos de aplicación práctica (disponibles en el mercado) y que no sea sólo una red teórica o resultado de una propuesta académica.

Algunas de las redes de Blockchain que fueron descartadas

- Decentraland: Es un producto representar un mundo virtual.
- Bitshares: No esta lanzada al publico todavía.
- UZHBC (University of Zurich Blockchain): Es una red académica para manejar diplomas [?].

III-F. Procedimiento de extracción de datos

Para extraer la información para responder las preguntas de investigación se desarrollo un formulario de extracción de datos con los siguientes atributos:

- Nombre. Identifica el nombre de la red Blockchain.
- Algoritmo(s) de consenso utilizado. Identifica el nombre de el/los algoritmos de consenso que la red puede aplicar.
- Dominio específico de la red (si es que lo tiene). Si la red es específica para un dominio de aplicación o su uso es general.
- Incluye smart contracts.
- Tipo de centralización. Totalmente descentralizada (sin permisos), con permisos para escribir pero no para leer, con permisos detallados en las transacciones.
- Método para escalar. Por ejemplo si usan Sharding o Raiden Network.
- Lenguaje de programación para smart contract. Nombre de el(los) lenguajes de programación que pueden usarse en esta red.
- Link al sitio web y fuente de información técnica (whitepaper).
- Si existe o no literatura formal que hable de la red. Buscando en Scopus la cadena: "Blockchain + Nombre de la Red".

- Si es una implementación específica de una red ya existente (por ejemplo si son derivadas de Bitcoin o Ethereum) o si surgen independientemente.

La extracción de datos para completar esta tabla se realizó a partir del sitio web oficial de la red, el whitepaper, y eventualmente de publicaciones realizadas por los autores de cada red. El formulario de extracción de datos esta disponible online .

III-G. Procedimiento de Síntesis

En esta revisión, el formulario de extracción provee una forma sintetizada de representar los datos extraídos. Por lo tanto no hicimos un proceso de Síntesis.

IV. RESULTADOS

La búsqueda fue realizada por el primer autor del artículo en los meses de Enero y Febrero del 2020. Las fuentes consideradas fueron discutidas y revisadas entre todos los autores del artículo.

En las siguientes secciones se presentan las respuestas a las preguntas de investigación.

IV-A. [RQ1] ¿Cuáles son las redes de Blockchain disponibles?

Se identificaron 114 redes de Blockchain distintas que cumplen con los criterios de inclusión. Las podemos ver en las tablas de arriba, separadas por su dominio de aplicación: de uso general (Cuadro I), cryptomonedas (Cuadro II) y de uso específico (Cuadro III).

En las tablas tuvimos la siguiente consideración:

- Si bien hay mas algoritmos de consenso, decidimos agruparlos en grupos: Proof Of Stake^{POS}, Proof Of Work^{POW}, relacionados a Bizantine Fault Tolerance^{BFT}, Federated Consensus^{FC}, Delegated Proof Of Stage^{DPOS}, Proof Of Authority^{POA}, Proof Of Elapsed Time^{POET} y Otros (sin identificar en la lista)

IV-B. [RQ2] ¿Qué tipo de centralización tienen?

En cuanto a este aspecto nuestro hallazgo reflejó que el 75 de las 114 redes estudiadas son totalmente descentralizada, (sin permiso), 22 poseen permisos detallados en las transacciones, mientras que 17 tienen permiso para escribir, pero no para leer.

IV-C. [RQ3] ¿Cuál es su dominio?

En esta tabla (Cuadro IV) mostramos la clasificación de acuerdo a la principal área o dominio de aplicación.

IV-D. [RQ4] ¿Cuál es su algoritmo de consenso?

En esta tabla (Cuadro V) se hace una clasificación de acuerdo al tipo de consenso empleado por las redes, donde se observa que se separan las redes en 7 grandes grupos.

¹Disponible en: <https://tinyurl.com/uo9po2c>

²En esta tabla hemos considerado bajo el nombre de "Relacionados con BFT" a los siguientes algoritmos de consenso: Loop Fault Tolerance (LFT), Practical Byzantine Fault Tolerance, Delegated Byzantine Fault Tolerance (DBFT), Smilo BFT+, Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT), Byzantine Fault Tolerant Tendermint, Byzantine Fault-Tolerance.

Cuadro I
REDES DE BLOCKCHAIN - GENERAL

Nombre de red	Algoritmo de consenso	Soportan smart contracts?	Derivan de otra red
Ochain	POW	SI	
Aelf	DPOS	Si	
Aion	Otros	Si	Ethereum
ArcBlock	Otros	Si	
Ardor	POS	Si	NXT
Blockstack	POS	Si	
Byteball Bytes	POS	Si	
Chain Core	FC	Si	
Chain	FC	SI	Ethereum
ConsenSys	POS	Si	Ethereum
Cypherium	POW	Si	
Decent	POW	Si	
Dfinity	POS	Si	
Dragonchain	POS	Si	
Elements	Otros	Si	
EOS.IO	POS	Si	
Ethereum	POS	Si	
Ethereum Classic	POW	Si	Ethereum
Everledger	Otros	Si	Bitcoin Cash
Factom	Otros	Si	
Hedera Hashgraph	Otros	Si	
Hydrachain	BFT	Si	Ethereum
HyperLedger Fabric	Otros	Si	
HyperLedger Iroha	Otros	Si	
ICON	Otros	Si	
Kadena	BFT	Si	
Komobo	Otros	Si	
Lisk	dPOS	Si	
Mijin	Otros	Si	NEM
Monax	POW	No	Ethereum
Multichain	BFT	Si	Bitcoin
Multiven	POS	Si	Ethereum
Neblio	POS	Si	Ethereum
NEO	BFT	Si	
Netki	POS	Si	
NKN	Otros	Si	
Ontology	Otros	Si	
Qtum	POS	Si	Ethereum
Quorum	Otros	Si	Ethereum
R3 Corda	Otros	Si	
Smilo	BFT	Si	
Tezos	POS	Si	
Tron	DPOS	Si	
Ubiq	dPOS	Si	Ehereum
Unita	POS	Si	Qtum
Urbit	FC	Si	Ethereum
Vechain	Otros	Si	
Veriblock	Otros	Si	
Waves	POS	Si	Ethereum
Zilliqa	BFT	Si	Ethereum

IV-E. [RQ5] ¿La red permite smart contracts? En caso de ser afirmativo: ¿Cuáles son los lenguajes de programación que utilizan?

A través de la revisión de las 114 redes Blockchain se determinó que el 84 % de las redes analizadas si aceptan o utilizan smart contracts, mientras que el resto que representa el 16 % no.

Esta tabla (Cuadro VI) muestra la clasificación de acuerdo a los lenguajes de programación empleados para el desarrollo de los smart contracts de la red. Hay que tener en cuenta que varias redes ofrecen varios lenguajes.

IV-F. [RQ6] ¿Cuál es la naturaleza de la red? ¿Nace como una tecnología independiente o a partir de otra red previamente existente?

La siguiente tabla (Cuadro VII) muestra el recuento de la naturaleza de las redes. Es decir, si son una implementación

específica de otra red o si son una implementación independiente.

V. DISCUSIÓN

Al realizar la revisión multi-vocal de redes Blockchain pudimos obtener una visión amplia sobre los atributos que caracterizan cada red. Cruzando los datos, podemos observar lo siguiente:

- El algoritmo de consenso Proof Of Stake es el mayoritariamente utilizado, pero puede estar relacionado a que fue el primero utilizado en las redes de Blockchain, con la aparición de Bitcoin.
- Dentro de la categoría específica mas grande (criptomonedas) la mayoría son mejoras incrementales o derivadas de Bitcoin (18 de 31). Y que el algoritmo de consenso mayoritario es Proof Of Work (15). La mayoría de estas redes no les interesa servir smart contracts (18 vs 13)

Cuadro II
REDES DE BLOCKCHAIN - CRYPTOMONEDAS

Nombre de red	Algoritmo de consenso	Soportan smart contracts?	Derivan de otra red
Alphapoint	Otros	Si	Ethereum
AnonCoin	POW	No	Bitcoin
Augur	POS	Si	Ethereum
AuroraCoin	POW	No	Bitcoin
Bancor	POW	Si	EOS
Bitwala	POS	Si	Bitcoin
BlackCoin	POW	No	Bitcoin
Bytecoin	POW	No	Bitcoin
Cardano	POS	Si	Ethereum
CloackCoin	Otros	No	Bitcoin
Cryptobullions	Otros	No	Bitcoin
CureCoin	POS	No	Bitcoin
Dash	POW	No	Bitcoin
Decred	Otros	No	Bitcoin
Devcoin	POW	No	Bitcoin
DigitalCoin	POW	No	Bitcoin
Dogecoin	POW	No	Bitcoin
Elastos	POS	Si	
ForkDelta	POW	Si	Ethereum
IDEX	POW	Si	Ethereum
Litecoin	POW	No	Bitcoin
MaxCoin	POW	No	Bitcoin
Monero	POW	No	Bitcoin
Nextledger	Otros	Si	
Nxt	POS	Si	
Ox	POA	Si	Ethereum
Ripple	Otros	No	
Stellar	Otros	Si	
Tether	POS	Si	Ethereum
Zcash	POW	No	Bitcoin
Zetacoin	POW	No	Bitcoin

- El resto de las redes que no son para uso de Cryptomonedas (83), derivan aproximadamente 1/3 de Ethereum. Aunque suponemos que muchas pueden haber tomado como base esta última, ya que es de código abierto. En estas la mayoría utilizan Proof Of Stake (29)
- La mayoría de las redes que no tienen literatura formal, son las relacionadas a las Cryptomonedas
- Las redes permissionadas (39) parecen surgir independientemente (26), y la mayoría aceptan smart contracts (37).
- La amplia mayoría de las redes que no son aplicación a cryptomonedas (81 vs 2), aceptan el desarrollo de smart contracts en la red.

En base a estos resultados preliminares consideramos que el atributo que se evalúa con mayor cautela al implementar la tecnología Blockchain es la selección del algoritmo de consenso que se va a utilizar, dado que este atributo pone en juego varios aspectos técnicos de la red, como por ejemplo, si la red es pública o privada, o las necesidades de escalabilidad. Este aspecto está estrechamente ligado al tema de la seguridad de una red que es sin dudas un factor fundamental que debe ser considerado al implementar cualquier tecnología [29].

En cuanto a las decisiones de arquitectura de software una de las preocupaciones más recurrentes en los arquitectos es la escalabilidad, entendida en este contexto como la capacidad de una aplicación para mantener el crecimiento de la red sin perder sus características básicas que la hacen funcionar [20]. Si se elige un algoritmo de consenso que tenga mayor seguridad y dificultad de resolución del bloque, se pierde la

escalabilidad ya que va a requerir mayor poder de computo, por lo tanto menor eficiencia energética.

Además se estudia la flexibilidad de una red en distintos aspectos, en ocasiones puede utilizarse este término al indicar el tipo de Blockchain (pública o privada), por ser una tecnología versátil que ofrece una variedad de opciones que se adecúan a los requerimientos que se tienen para llevar a cabo el desarrollo de una red, es decir debe hacerse una selección tomando en cuenta el fin último que se desea alcanzar con la red Blockchain que se desarrollará, [26].

Creemos que Solidity es el lenguaje de programación mas adecuado para desarrollar smart contracts. Por su definición, es un lenguaje de alto nivel orientado a objetos para crear smart contracts. Solidity es staticamente tipado, ademas de chequear y verificar en tiempo de compilación restricciones de los smart contracts, evitando errores antes del runtime. En resumen, su simplicidad, el ser específico para desarrollar smart contracts, y ser el lenguaje detrás de uno de los precursores de las Blockchain 2.0 (Ethereum). Creemos que lo hace ser el favorito.

Nos parece interesante explorar si de verdad hay diferencias significativas entre las redes que son derivadas de Bitcoin o de Ethereum. En especial las que tienen el mismo algoritmo de consenso, ya que puede ser que sean distintas implementaciones para satisfacer los mismos atributos de calidad.

VI. CONCLUSIONES

Este trabajo presentó una revisión multi-vocal de la literatura orientada a identificar las redes de Blockchain activas y

Cuadro III
REDES DE BLOCKCHAIN - DOMINIO ESPECÍFICO

Nombre de red	Algoritmo de consenso	Soportan smart contracts?	Derivan de otra red	Dominio
Ocean	POS	Si	Ethereum	Artificial intelligence
Storj	POS	Si	Bitcoin	Cloud Storage
SONM	POS	Si		Computing Platform
Hyperledger Quilt	POET	Si		Distributed Ledgers
Hyperledger Sawtooth	POET	Si		Distributed Ledgers
NEM	Otros	Si		Distributed Ledgers
Openchain	Otros	Si		Distributed Ledgers
Tierion	Otros	Si	Bitcoin	Document Verification
EnergyWeb	Otros	Si		Energy
Filecoin	Otros	Si	Ethereum	File managment
Bankchain	Otros	Si		Finance
KYC-CHAIN	POS	Si		Finance
OniseGO	POS	Si	Ethereum	Finance
Straits	POS	Si	Ethereum	Finance
Symbiont Assembly	BFT	Si		Finance
Wanchain	POS	Si	Ethereum	Finance
Hydro	POS	Si	Ethereum	Identity
Shocard	Otros	Si	Bitcoin	Identity
Wibson	POS	Si		Identity
OpenIDL	Otros	Si		Insurance
IOTA	Otros	Si		IoT
Platin	Otros	Si		Location
Bitwala	POS	Si	Bitcoin	Loyalty programs
Mediachain	FC	Si		Music
Apirone	POW	No	Bitcoin	Payments
Earthport	Otros	Si		Payments
KodakCoin	POA	Si		Photographs
Enigma	POS	Si		Security
Steem	POS	Si	Tron	Social media
Aventus	POS	Si	Bitcoin	Ticket managment
Filament	FC	Si	Bitcoin	Vehicle data
DMarket	POS	Si	Bitcoin	Videogames
Horizon	Otros	Si		Videogames

Cuadro IV
CLASIFICACIÓN DE LAS REDES POR DOMINIO

Dominio	Nro. de redes
Generales	50
Criptomonedas	31
Financiero	6
Ledgers distribuidos	4
Identidad	3
Pagos	2
Videojuegos	2
Otros	16

Cuadro V
CLASIFICACIÓN DE LAS REDES POR ALGORITMO DE CONSENSO UTILIZADO

Tipos de consenso	Nro. de redes
Proof Of Stake	36
Proof Of Work	21
Relacionados con BFT ²	7
Federated Consensus	5
Delegated Proof Of Stake	4
Proof Of Authority	3
Otros (30 distintos)	38

Cuadro VI
LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN DE LOS SMART CONTRACTS

Lenguaje de Programación	Nro. de redes
C/C++	36
Solidity	31
Java	22
JavaScript	15
Go	12
Python	9
NodeJs	2

Cuadro VII
NATURALEZA DE LA RED

Naturaleza	
Independiente	54
Derivada de Ethereum	27
Derivada de Bitcoin	27
Otras	6

extraer información sobre aspectos técnicos de las mismas.

A través de esta revisión se logró identificar más de 114 redes de Blockchain que tienen proyectos activos. Además, este artículo propone la agrupación de estas redes en familias. Consideramos que estas características pueden estar relacionadas a decisiones que deben tomar los arquitectos de software para diseñar redes de Blockchain, o interconectar sus sistemas a las redes existentes.

Nuestros resultados destacan al algoritmo de consenso como un punto central de la arquitectura de la red de Blockchain. El mismo impacta en algunos atributos de calidad que son

de interés para los desarrolladores de software (por ejemplo escalabilidad y performance). Como trabajo futuro nos proponemos profundizar el impacto de estos algoritmos en los atributos de calidad.

Blockchain ofrece un sistema Turing-completo, con características diferentes a las que estamos acostumbrados: número de nodos, algoritmos de consenso, tamaño y datos del bloque, contratos inteligentes.

REFERENCIAS

- [1] Adams, R.J., Smart, P., Huff, A.S.: Shades of grey: Guidelines for working with the grey literature in systematic reviews for management and organizational studies. *International Journal of Management Reviews* **19**(4), 432–454 (2017). <https://doi.org/10.1111/ijmr.12102>, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ijmr.12102>

- [2] Baliga, A.: Understanding blockchain consensus models (2017), <https://www.persistent.com/wp-content/uploads/2018/02/wp-understanding-blockchain-consensus-models.pdf>
- [3] BitcoinWiki project: Blockchain projects list (2019), https://en.bitcoinwiki.org/wiki/Blockchain_Projects_List
- [4] Blockchain Luxemburg SA: Conectamos las criptomonedas con el mundo (2019), <https://www.blockchain.com/>
- [5] Buterin, V.: On public and private blockchains. <https://blog.ethereum.org/2015/08/07/on-public-and-private-blockchains/> (2015)
- [6] Butijn, B.J., Tamburri, D.A., Heuvel, W.J.V.D.: Blockchains: a systematic multivocal literature review (2019)
- [7] C. Shen I, F.P.M.: Blockchain for cities—a systematic literature review. Columbia University (2018), <http://www.cs.columbia.edu/~charles/paper/BlockchainForCities.pdf>
- [8] Coin Market Cap: List of blockchain companies (2019), <https://coinmarketcap.com/>
- [9] Crosby, M., Nachiappan, P.P., Sanjeev Verma, V.K.: Blockchain technology: Beyond bitcoin. In: Applied Innovation Review. Issue No. 2. Pantas and Ting Sutardja Center for Entrepreneurship and Technology. Berkeley Engineering, UC Berkeley (2016)
- [10] Ferdous, M.S., Chowdhury, M.J.M., Hoque, M.A., Colman, A.: Blockchain consensus algorithms: A survey (2020)
- [11] Forbes: Blockchain 50 - forbes (2020), <https://www.forbes.com/sites/michaeldelcastillo/2020/02/19/blockchain-50/#51a06ceb7553>
- [12] Garousi, V., Felderer, M., Mäntylä, M.V.: Guidelines for including grey literature and conducting multivocal literature reviews in software engineering. *Information and Software Technology* **106**, 101–121 (2019). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.infsof.2018.09.006>, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950584918301939>
- [13] Golden Recursion Inc.: List of blockchain companies (2019), <https://golden.com/list-of-blockchain-companies>
- [14] Konstantinidis, I., Siaminos, G., Timplalexis, C., Zervas, P., Peristeras, V., Decker, S.: Blockchain for business applications: A systematic literature review. In: Abramowicz, W., Paschke, A. (eds.) *Business Information Systems*. pp. 384–399. Springer International Publishing, Cham (2018)
- [15] L. Lamport, R.S., Pease, M.: The byzantine generals problem. *ACM Transactions on Programming Languages and Systems (TOPLAS)* (1982)
- [16] M. Conoscenti, A. Vetro, J.D.M.: Blockchain for the internet of things: a systematic literature review (2016), <https://nexa.polito.it/nexacenterfiles/BlockchainfortheInternetofThings:aSystematicLiteratureReview.pdf>
- [17] M Hölbl, M. Kompara, A.K.L.N.: A systematic review of the use of blockchain in healthcare (2018), https://www.researchgate.net/publication/328208535_A_Systematic_Review_of_the_Use_of_Blockchain_in_Healthcare
- [18] Mingxiao, D., Xiaofeng, M., Zhe, Z., Xiangwei, W., Qijun, C.: A review on consensus algorithm of blockchain. In: 2017 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC). pp. 2567–2572 (Oct 2017). <https://doi.org/10.1109/SMC.2017.8123011>
- [19] Schedlbauer, M., Wagner, K.: Blockchain beyond digital currencies - a structured literature review on blockchain applications. SSRN (2018). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3298435>
- [20] Scherer, M.: Performance and Scalability of Blockchain Networks and Smart Contracts. Master's thesis, Umeå University, Department of Computing Science (2017)
- [21] Science Direct: Explore scientific, technical, and medical research on sciencedirect (2019), <https://www.sciencedirect.com/>
- [22] Stanford University: Stanford center for blockchain (2019), <https://cbr.stanford.edu/>
- [23] Szabo, N.: Smart contracts: Building blocks for digital markets (1994), http://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart_contracts_2.html
- [24] Tanenbaum, A., Van Steen, M.: Distributed Systems. Principles and Paradigms. Pearson Prentice Hall, USA, 2nd edn. (2006)
- [25] Tapscott, D.: How blockchains could change the world (2016), <https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/how-blockchains-could-change-the-world#>
- [26] Xu, X., Weber, I., Staples, M., Zhu, L., Bosch, J., Bass, L., Pautasso, C., Rimba, P.: A taxonomy of blockchain-based systems for architecture design. In: 2017 IEEE International Conference on Software Architecture (ICSA). pp. 243–252 (April 2017). <https://doi.org/10.1109/ICSA.2017.33>
- [27] Y. Tribis, A. El Bouchti, H.B.: Supply chain management based on blockchain: A systematic mapping study. *Research Gate* (2018), https://www.researchgate.net/publication/327650323_Supply_Chain_Management_based_on_Blockchain_A_Systematic_Mapping_Study
- [28] Yli-Huumo, J., Ko, D., Choi, S., Park, S., Smolander, K.: Where is current research on blockchain technology?—a systematic review. *PLOS ONE* **11**(10), 1–27 (10 2016). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163477>, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163477>
- [29] Zhang, R., Xue, R., Liu, L.: Security and privacy on blockchain. *CoRR abs/1903.07602* (2019), <http://arxiv.org/abs/1903.07602>