



Blockchain en la Industria de la Construcción Argentina

Tutoría Técnica: Ing. Pablo Alfredo Vilaboa

Profesores de Trabajo Final:

Dra. Marcela Rosalba Samela

Mg. Carlos Alberto Ugarte

Alumno: Juan Leonardo Del Percio

Trabajo Final de Carrera presentado para obtener el título de
Licenciado en Gestión de Tecnología Informática

(Agosto, 2023)

Resumen

La utilización de blockchain en diferentes industrias aumentó en estos últimos años, ya que permite la registración de transacciones de forma transparente e inalterable. Con la aparición de los contratos inteligentes se sumaron casos de uso para esta tecnología que va incrementando su adopción alrededor del mundo. En el presente trabajo de investigación, se analizó la factibilidad de implementar los contratos inteligentes en la industria de la construcción en Argentina, para resolver el problema de la falta de transparencia en la ejecución de obras.

Durante el desarrollo, se abordó la tecnología blockchain detallando sus principales características, como así también su evolución y sus ámbitos de utilización. Se desarrolló el concepto de las criptomonedas, se detallaron las principales características de los contratos inteligentes y sus ámbitos de utilización.

Posteriormente, se abordó la temática de la digitalización en la industria de la construcción, detallando los conceptos de transformación digital y exponiendo las principales herramientas y tendencias tecnológicas que se están implementando.

Luego, se realizó una investigación para identificar las plataformas de blockchain implementadas en las empresas e instituciones de Argentina. En base a los datos obtenidos, se elaboraron indicadores para medir el grado de utilización de esta tecnología en el país y se logró identificar a las plataformas de blockchain más utilizadas.

Palabras clave: blockchain, contratos inteligentes, industria de la construcción

Abstract

The use of blockchain in different industries has increased in recent years, since it allows the recording of transactions in a transparent and unalterable way. With the appearance of smart contracts, use cases were added for this technology that is increasing its adoption around the world. In the present research work, the feasibility of implementing smart contracts in the construction industry in Argentina was analyzed, to solve the problem of the lack of transparency in the execution of construction works.

During the development, the blockchain technology was addressed, detailing its main characteristics, as well as its evolution and its areas of use. The concept of cryptocurrencies was developed, the main characteristics of smart contracts and their fields of use were detailed. Subsequently, the theme of digitization in the construction industry was addressed, detailing the concepts of digital transformation and exposing the main tools and technological trends that are being implemented.

Then, an investigation was carried out to identify the blockchain platforms implemented in companies and institutions in Argentina. Based on the data obtained, indicators were developed to measure the degree of use of this technology in the country and it was possible to identify the most used blockchain platforms.

Keywords: blockchain, construction industry, smart contracts

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación es el fruto de años de estudio y esfuerzo personal, los cuales no habrían sido posibles sin el acompañamiento de mi familia. Por este motivo quiero dedicárselo a mi esposa Patricia y a mi hija Lourdes, quienes con su apoyo y paciencia hicieron posible que pueda dedicar el tiempo suficiente para lograr concluirlo.

Índice General

Resumen.....	2
Abstract.....	3
Dedicatoria.....	4
Índice General.....	5
Índice Figuras.....	7
Índice de Tablas.....	8
1. Capítulo 1: Introducción.....	9
1.1. Planteamiento del Problema de Investigación.....	9
1.2. Justificación de la Elección del Problema.....	9
1.3. Objetivos del Trabajo Final.....	9
1.4. Hipótesis de Trabajo.....	9
1.5. Metodología de Investigación.....	10
1.5.1. Definición de Variables.....	10
1.5.2. Población de Trabajo.....	10
1.5.3. Técnicas de Recolección y Análisis de Datos.....	10
1.6. Cronograma Operativo y Recursos Necesarios.....	10
1.7. Estructura General del Trabajo Final.....	11
1.7.1. Capítulos.....	11
1.7.2. Conclusiones.....	11
1.7.3. Líneas Futuras de investigación.....	12
1.7.4. Anexos.....	12
1.7.5. Acrónimos.....	12
1.7.6. Referencias.....	12
2. Capítulo 2: Marco Teórico.....	13
2.1. Introducción.....	13
2.2. La tecnología blockchain.....	13
2.2.1. Características de blockchain.....	13
2.2.2. Evolución de blockchain.....	23
2.2.3. Plataformas más difundidas.....	24
2.2.4. Ámbitos de utilización de blockchain.....	25
2.3. Criptomonedas.....	30

2.4. Contratos inteligentes.....	34
2.4.1. Características de los contratos inteligentes.....	34
2.4.2. Ámbitos de utilización de los contratos inteligentes.....	38
2.5. Investigaciones anteriores.....	40
2.6. Resumen.....	41
3. Capítulo 3: Digitalización en la Industria de la Construcción	42
3.1. Introducción	42
3.2. Transformación Digital.....	42
3.3. Herramientas y Tendencias.....	44
3.4. Resumen.....	47
4. Capítulo 4: Blockchain en Empresas e Instituciones Argentinas	48
4.1. Introducción	48
4.2. Recolección de Datos.....	48
4.3. Análisis de Situación.....	54
4.4. Informe Final	58
4.5. Resumen.....	58
5. Conclusiones	59
6. Líneas Futuras de Investigación.....	61
7. Anexo I – Programación en Solidity.....	62
8. Acrónimos.....	66
9. Referencias.....	68

Índice Figuras

Figura 1 Árboles de Merkle.....	15
Figura 2 Esquema del proceso hascash	16
Figura 3 Modelo de red centralizada y de red descentralizada.....	17
Figura 4 Inclusión del hash en cada bloque de información	18
Figura 5 Generación de transacciones en blockchain.....	19
Figura 6 Funcionamiento del Protocolo Prueba de Trabajo.....	20
Figura 7 Funcionamiento del Protocolo Prueba de Participación	21
Figura 8 Funcionamiento del Protocolo Prueba de Autoridad	22
Figura 9 Evolución de la tecnología blockchain.....	24
Figura 10 Cantidad de empresas e instituciones argentinas identificadas que utilizan blockchain por plataforma	56
Figura 11 Cantidad de plataformas blockchain utilizadas por empresas e instituciones argentinas identificadas	57
Figura 12 Grado de utilización de blockchain en argentina por plataforma	57

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Aplicaciones de blockchain en la construcción</i>	29
Tabla 2 <i>Aspectos Únicos de las Criptomonedas</i>	31
Tabla 3 <i>Diferentes Tipos de Billeteras de Criptomonedas</i>	32
Tabla 4 <i>Ejemplo de la máquina expendedora</i>	35
Tabla 5 <i>Virtudes de los contratos inteligentes</i>	36
Tabla 6 <i>Plataformas más utilizadas para Contratos Inteligentes</i>	37
Tabla 7 <i>Características del lenguaje de programación Solidity</i>	38
Tabla 8 <i>Ejemplos de utilización de los Contratos Inteligentes</i>	38
Tabla 9 <i>Aplicaciones de contratos inteligentes en la construcción</i>	39
Tabla 10 <i>Las tecnologías digitales cambian la industria de la construcción</i>	42
Tabla 11 <i>Niveles de madurez de BIM</i>	45
Tabla 12 <i>Cinco aplicaciones para la construcción</i>	45
Tabla 13 <i>Empresas e Instituciones que utilizan Blockchain Federal Argentina (BFA)</i>	48
Tabla 14 <i>Cantidad de empresas e instituciones argentinas identificadas que utilizan blockchain</i>	54

1. Capítulo 1: Introducción

1.1. Planteamiento del Problema de Investigación

Este trabajo de investigación aborda la problemática en torno a la transparencia en la realización de obras de construcción en la Argentina, buscando principalmente responder a las siguientes preguntas:

- ¿Es posible utilizar blockchain en la industria de la construcción de Argentina?
- ¿Se podrían implementar los contratos inteligentes para aumentar la transparencia?

1.2. Justificación de la Elección del Problema

El problema planteado sucede con frecuencia en Argentina tanto en el ámbito público como en el privado, tal es así que la Cámara Argentina de la Construcción [CAMARCO] (s.f.) puso en práctica un programa de transparencia en el cual se brindan los lineamientos para fomentar la ética en los negocios. Con esta investigación se buscará encontrarle una solución al problema desde el abordaje tecnológico aplicando las nuevas tecnologías que nos brinda blockchain, con principal foco en los contratos inteligentes.

1.3. Objetivos del Trabajo Final

El objetivo general de este trabajo de investigación es analizar si los contratos inteligentes sobre blockchain son aplicables a la industria de la construcción en Argentina.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- ✓ Analizar la utilización de blockchain en instituciones públicas o privadas en Argentina.
- ✓ Determinar las plataformas de blockchain utilizadas en Argentina.
- ✓ Evaluar el grado de utilización de las plataformas de blockchain utilizadas en Argentina.

1.4. Hipótesis de Trabajo

En este trabajo de investigación se someterá a prueba la siguiente hipótesis:

Se pueden gestionar obras de construcción en la Argentina utilizando contratos inteligentes si se cuenta con una infraestructura de blockchain confiable donde desarrollarlos.

1.5. Metodología de Investigación

En este trabajo de investigación utilizaremos un enfoque cuantitativo para efectuar la recolección de los datos que nos servirán para evaluar la hipótesis planteada en el apartado anterior. Se realizará un análisis objetivo de los datos obtenidos, cuantificándolos y expresándolos en valores numéricos para que posteriormente puedan ser interpretados.

1.5.1. Definición de Variables

Las variables que se utilizarán serán del tipo continuas. Las mismas son: cantidad de empresas e instituciones argentinas identificadas que utilizan blockchain, cantidad de empresas e instituciones argentinas identificadas que utilizan blockchain por plataforma, cantidad de plataformas blockchain utilizadas por empresas e instituciones argentinas identificadas y grado de utilización de blockchain identificado en argentina por plataforma.

1.5.2. Población de Trabajo

La población de trabajo que se utilizará en esta investigación son las empresas e instituciones argentinas que utilizan blockchain. El tamaño de la población de trabajo surgirá de la investigación sobre las empresas e instituciones argentinas que utilicen la tecnología de blockchain.

1.5.3. Técnicas de Recolección y Análisis de Datos

La recolección de los datos se llevará a cabo mediante la búsqueda en internet de las diferentes empresas e instituciones que utilicen blockchain. Estas se podrán identificar en páginas webs de entidades públicas o privadas, en artículos periodísticos o tomando la información de las páginas webs de las plataformas de blockchain con la finalidad de identificar a sus clientes. El análisis de los datos obtenidos se llevará a cabo utilizando un enfoque objetivo por medio de la comparación cuantitativa de los valores de las variables utilizadas.

1.6. Cronograma Operativo y Recursos Necesarios

En el siguiente cuadro se detalla el cronograma con las actividades a realizar en el transcurso del presente trabajo, las cuales se hayan calendarizadas semanalmente:

[illegible]

Investigación sobre contratos inteligentes.												
Investigación sobre los casos de uso de los contratos inteligentes.												
Investigación sobre la digitalización en la industria de la construcción												
Recolección de datos sobre las empresas e instituciones argentinas que utilizan blockchain.												
Recolección de datos sobre las plataformas de blockchain utilizadas en Argentina												
Análisis de los datos obtenidos												
Elaboración del informe final												

En cuanto a los recursos necesarios, solamente se utilizará el tiempo demandado por el autor de este documento.

1.7. Estructura General del Trabajo Final

1.7.1. Capítulos

En el capítulo 1 - Introducción se describen fundamentalmente las bases de la investigación a realizar, incluyendo en el mismo el problema que se tratará durante el desarrollo, describiendo el fundamento, los objetivos establecidos y la metodología que se utilizará.

En el capítulo 2 – Marco Teórico se aborda el marco teórico, obteniendo los conocimientos existentes hasta el momento de las tecnologías de blockchain, criptomonedas y contratos inteligentes, haciendo un repaso por las utilidades conocidas de las mismas hasta el momento. Además, se expone una investigación anterior.

En el capítulo 3 – Digitalización en la Industria de la Construcción se investiga sobre las tecnologías y herramientas que se utilizan en la industria de la construcción con la finalidad de obtener un contexto del sector.

En el capítulo 4 – Blockchain en Empresas e Instituciones Argentinas se realiza el análisis sobre las empresas e instituciones argentinas que utilizan blockchain y se distinguen las diferentes plataformas utilizadas por estas. Se presenta también el informe final de la investigación mostrando los resultados de esta.

1.7.2. Conclusiones

En este apartado se podrán apreciar las conclusiones a las que se ha llegado con el presente trabajo de investigación.

1.7.3. Líneas Futuras de investigación

En esta sección se podrá obtener conocimiento acerca de las posibles líneas futuras de investigación que surjan a partir de la realización del presente trabajo.

1.7.4. Anexos

En este ítem se puede visualizar un anexo utilizado como complemento a la investigación.

1.7.5. Acrónimos

En este punto se podrá visualizar el listado de acrónimos nombrados en el presente trabajo de investigación.

1.7.6. Referencias

En esta sección se puede consultar toda la bibliografía utilizada como referencia para la elaboración del presente trabajo.

2. Capítulo 2: Marco Teórico

2.1. Introducción

El avance de las tecnologías digitales trae aparejado un constante cambio en la forma de hacer las cosas cotidianas, desde la forma de comunicarnos, de hacer compras y hasta de realizar los pagos. En la actualidad cada vez es más común utilizar billeteras virtuales, hacer pagos con nuestros celulares y hasta con algunos relojes inteligentes. Una gran parte de estas transacciones se ejecutan sobre redes seguras que en los últimos tiempos se han masificado, las cuales utilizan una tecnología disruptiva que se denomina blockchain. Según afirman los autores Preukschat et al. (2017):

Se puede hablar de una tecnología que ha llegado para quedarse y, más aún, para definir lo que será el mundo del futuro. Gracias a ella, el actual internet de la información alcanzará un nuevo paso evolutivo, que ya se ha dado en llamar internet del valor. (p. 14)

En este capítulo se desarrollará el marco teórico del trabajo de investigación, presentando y desarrollando todo lo concerniente a blockchain, criptomonedas y contratos inteligentes.

2.2. La tecnología blockchain

2.2.1. Características de blockchain

La tecnología blockchain se encuentra actualmente en una constante expansión, para comprender de que se trata vamos a tomar una definición de los autores Preukschat et al. (2017):

Una blockchain no es otra cosa que una base de datos que se halla distribuida entre diferentes participantes, protegida criptográficamente y organizada en bloques de transacciones relacionados entre sí matemáticamente. Expresado de forma más breve, es una base de datos descentralizada que no puede ser alterada. (p. 14)

Cuando pensamos en el origen de blockchain, nos remontamos al hito que marcó su generalización y utilización más emblemática, el cual tuvo lugar a finales del año 2008 cuando una persona o quizás un grupo de personas utilizando el seudónimo Satoshi Nakamoto presentó un documento técnico con los detalles de utilización de Bitcoin, concepto al que denominó como una forma de dinero en efectivo electrónico puramente de igual a igual que permite enviar

pagos directamente entre las partes sin pasar a través de una institución financiera (Nakamoto, 2008).

La llegada de blockchain tuvo como antecesores algunos sucesos importantes que fueron una base para esta tecnología, los cuales vamos a explicar brevemente basándonos en una línea de tiempo de Binance Academy (2018): En el año 1991 los científicos Stuart Haber y W. Scott Stornetta introdujeron una solución con sello de tiempo para que los documentos digitales no puedan ser modificados o manipulados, esto se lograba mediante la utilización de una cadena de bloques que utilizaba seguridad criptográfica. Luego en el año 1992 se le incorporó al diseño los árboles de Merkle, con los cuales se logró más eficiencia permitiendo que varios documentos se reunieran en un mismo bloque, sin embargo, esta tecnología nunca llegó a utilizarse y su patente caducó. En el año 2004, Harold Thomas Finney II, reconocido activista criptográfico, inventó un nuevo sistema llamado RPoW (Reusable Proof Of Work que en español sería prueba de trabajo reutilizable), el cual generaba un token de prueba de trabajo no intercambiable (no fungible) basado en la tecnología Hashcash y, a cambio, generó un token firmado por un algoritmo RSA que podía ser transferible de una persona a otra. Esta tecnología pudo resolver el problema del doble gasto logrando mantener los tokens registrados en un servidor de confianza que le otorgaba a los usuarios de todo el mundo la posibilidad de verificar la exactitud e integridad en tiempo real. RPoW es considerado como un paso importante dentro de la historia de las criptomonedas.

Luego de la aparición de Bitcoin, en el año 2013 sucedió un hito importante cuando Vitalik Buterin, desarrollador y cofundador de la revista Bitcoin, pensó que la red necesitaba de un lenguaje de scripting con el cual se pudieran crear aplicaciones descentralizadas. Como no logró llegar a un acuerdo con la comunidad desarrolló una nueva plataforma distribuida basada en blockchain a la cual denominó Ethereum y que presentaba una funcionalidad de scripting denominada contratos inteligentes (Binance Academy, 2018).

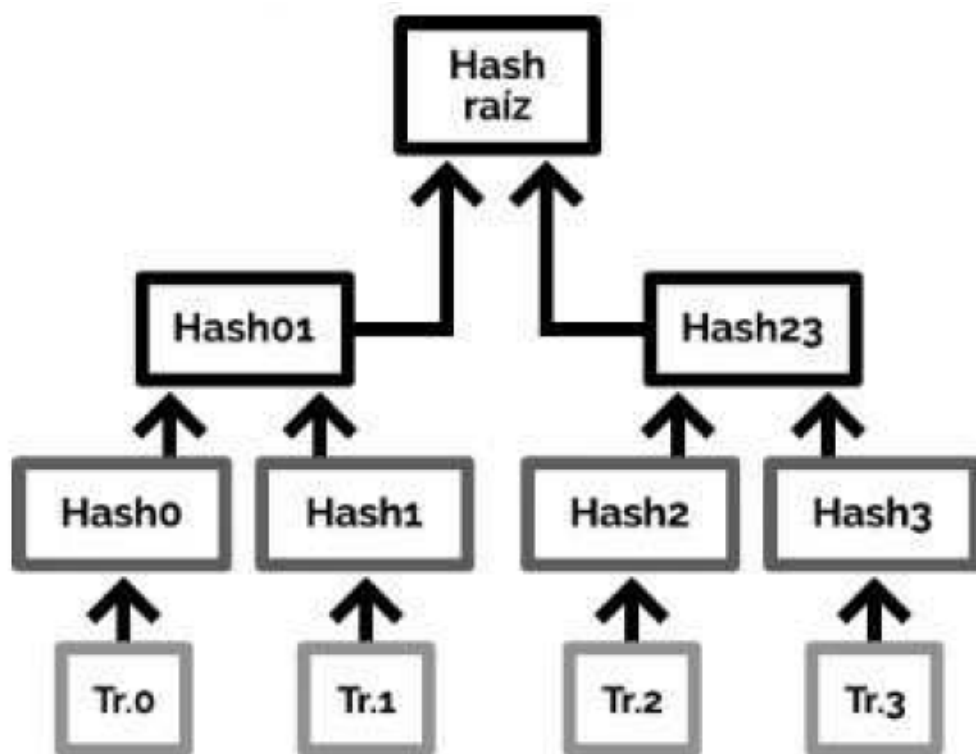
Durante el desarrollo de la línea de tiempo anterior nombramos tres tecnologías que explicaremos brevemente. La primera, son los árboles de Merkle, que según los autores Preukschat et al. (2017):

Se trata de una formación piramidal de hashes en la que cada hash es el resultado de aplicar una función de hash sobre los hashes inferiores hasta llegar al nodo raíz o Merkle Root del árbol en cuestión. Estos árboles de Merkle permiten verificar de forma eficiente y segura la integridad y la inclusión de grandes cantidades de datos. (p. 185)

En la Figura 1 podremos apreciar cómo se desarrolla la estructura de los árboles de Merkle:

Figura 1

Árboles de Merkle



Nota. Obtenido de *Blockchain. La revolución industrial de internet*, por Preukschat et al., 2017, Grupo Planeta.

Luego tenemos la tecnología Hashcash que según el autor Preukschat (2017) se trata de un sistema diseñado por el criptógrafo Adam Back en el año 1997, cuya finalidad era frenar el envío de spam masivo. La idea se basaba en que los correos debían incorporar una prueba de trabajo, en la cual se notara que la computadora había tenido que dedicar tiempo y recursos para realizar el envío, con lo cual el coste de electricidad por el tiempo de CPU dedicado sería bajo para quien enviase pocos correos, pero muy alto si se enviaban millones de correos al día. Al implementar esto se le estaba imponiendo un costo a dicha tarea. El algoritmo consistía en realizar el hashing del mensaje una y otra vez hasta que el mismo comenzara con cuatro ceros. El contenido que se utilizaba para determinar el hash debía tener el mensaje y además un contador que se denominaba número de una sola vez (del inglés number used once o nonce), el cual cambiaba cada vez que la computadora realizaba el hash. Con el nonce se logra asegurar

que el hash obtenido será distinto tras cada uno de los intentos y debemos saber que es imposible predecir de antemano cual será el hash, con lo cual para obtener el requerido es posible que se deban realizar miles o millones de intentos.

En la Figura 2 podremos ver un ejemplo del contenido de los mensajes y como se va generando el hash para cada uno de ellos:

Figura 2

Esquema del proceso hascash

Mensaje	Contador (Nonce)	Contenido	Hash del contenido
"Mi mensaje"	1	"Mi mensaje 1"	2e8de37a8849fb5309...
"Mi mensaje"	2	"Mi mensaje 2"	80e81dbf8a0e77c897...
"Mi mensaje"	3	"Mi mensaje 3"	a0bbf40f1e545c4930...
"Mi mensaje"	4437	"Mi mensaje 4437"	00008687e1371c27cd...

Nota. Obtenido de *Hascash*, por Alex Preukschat, 2017,
(<https://libroblockchain.com/hashcash/>).

Por último, tenemos el algoritmo RSA que según un artículo encontrado en el sitio web de Basque CyberSecurity Center [BSSC] (s.f.):

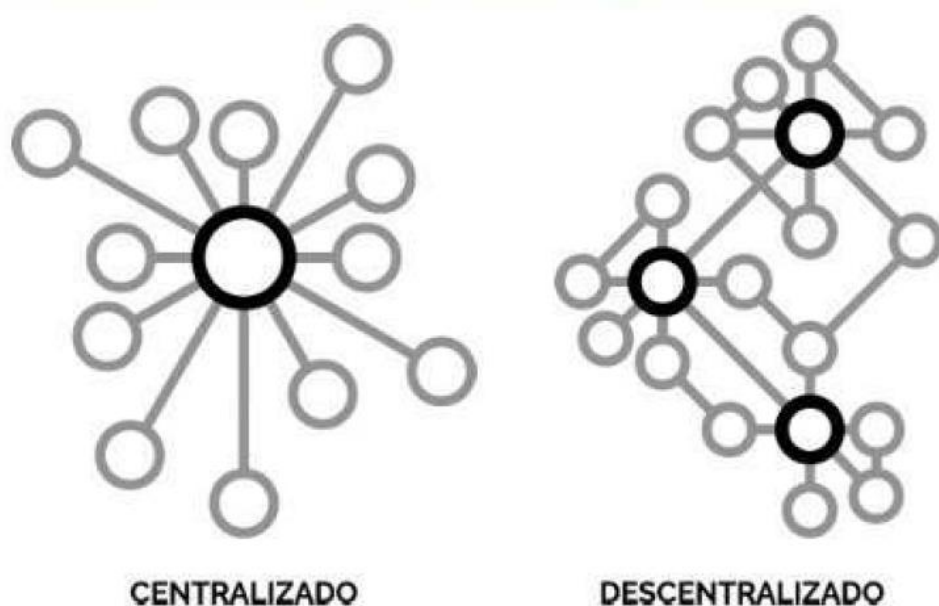
RSA (Rivest, Shamir y Adleman) es un sistema criptográfico de clave pública desarrollado en 1977 por los informáticos y criptógrafos Ron Rivest, Adi Shamir y Leonard Adleman en el MIT. Fue el primer algoritmo creado de su tipo. Utiliza factorización de números enteros y, a diferencia de métodos anteriores de clave pública como el Diffie y Hellman, es válido tanto para cifrar como para firmar digitalmente.

RSA funciona multiplicando dos números primos para generar un semiprimo, que crea una clave pública. Para que alguien pueda descifrar el mensaje, tendría que determinar los dos números primos utilizados para crear el semiprimo. Con números primos grandes, es extremadamente complejo y requiere mucho tiempo determinar esos dos números.

Los elementos básicos de los cuales se compone la blockchain son: los nodos que representan las computadoras personales o de cualquier tipo, las cuales independientemente de su capacidad de cómputo deben poseer el mismo software o protocolo para poder comunicarse entre sí. Un protocolo estándar desarrollado en forma de software informático para permitir la comunicación entre los nodos de la red. Una red entre pares o P2P (Peer to peer), que sería un conjunto de nodos conectados entre sí directamente en una misma red. Un sistema descentralizado que es la antítesis de un sistema centralizado, en el cual todos los nodos conectados entre sí poseen la misma jerarquía y comparten la misma información, esto quiere decir que, si algunos nodos son apagados, la red puede seguir funcionando con los que están activos (Preukschat et al., 2017). En la Figura 3 podremos apreciar los diferentes modelos de red:

Figura 3

Modelo de red centralizada y de red descentralizada



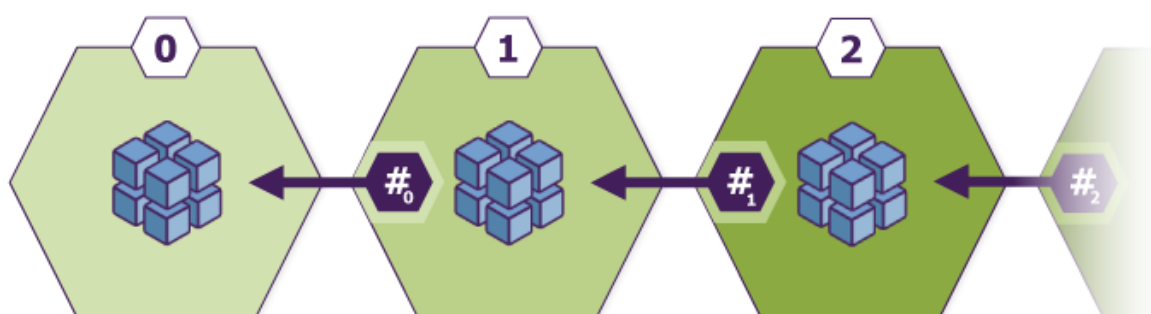
Nota. Obtenido de *Blockchain. La revolución industrial de internet*, por Preukschat et al., 2017, Grupo Planeta.

Según estas definiciones entonces tenemos que “una blockchain es un conjunto de ordenadores (o servidores) llamados «nodos» que, conectados en red, utilizan un mismo sistema de comunicación (el protocolo) con el objetivo de validar y almacenar la misma información registrada en una red P2P.” (Preukschat et al., 2017, p. 16)

Anteriormente ya mencionamos que la blockchain está conformada por una cadena de bloques, es importante resaltar que en la conformación de esta los hashes tienen un papel fundamental, ya que cada bloque de información que se suma contiene siempre el hash del bloque anterior. Esto nos brinda la tranquilidad de que el bloque anterior ya no puede ser modificado, porque si así fuera el hash del bloque modificado sería diferente al que se encuentra registrado y toda la red se percataría de ello (Blockchain Federal Argentina [BFA], s.f.). En la Figura 4 podemos apreciar gráficamente como se conforman los bloques:

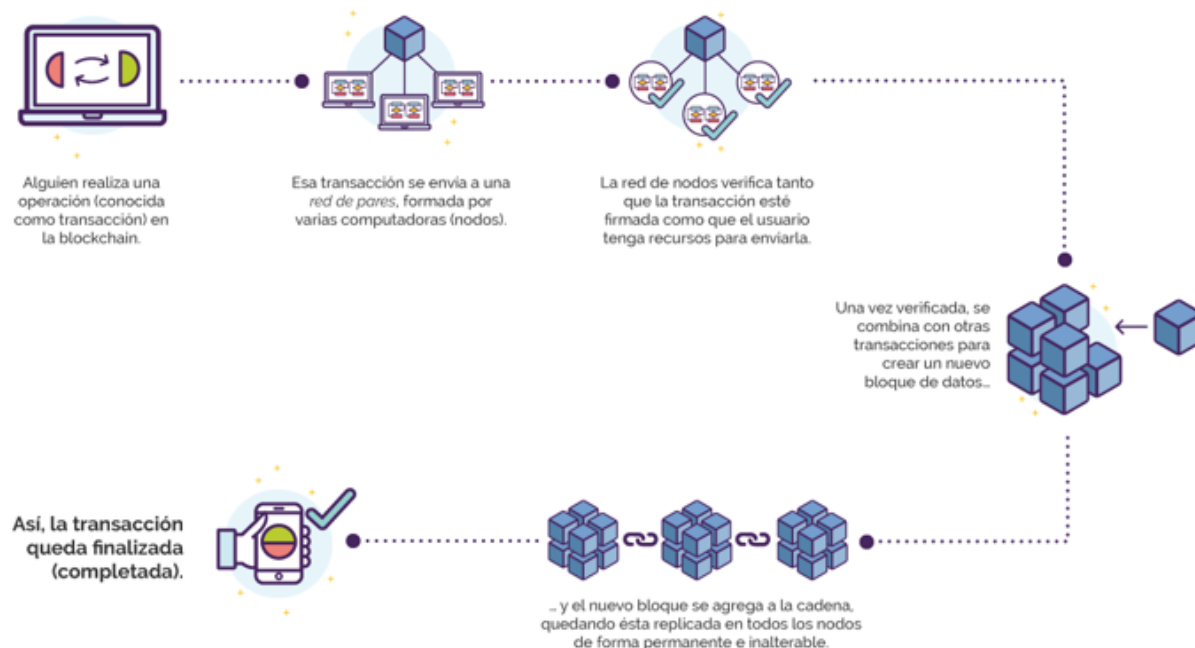
Figura 4

Inclusión del hash en cada bloque de información



Nota. Obtenido de *Bloques y transacciones*, por Blockchain Federal Argentina, s.f., (<https://bfa.ar/blockchain/bloques-y-transacciones>).

Cuando agregamos información a la blockchain estamos realizando operaciones que se denominan transacciones y el contenido de estas depende de cuál sea la utilidad de la red, podría ser, por ejemplo, subir archivos digitales, realizar intercambio de criptomonedas o simplemente insertar una línea de texto. La transacción se envía a la red por intermedio de un nodo y luego se combina con otras transacciones formando un bloque. Cuando este bloque es agregado a la cadena, la transacción se incorpora definitivamente y se considera en estado “completada” (BFA, s.f.). En la Figura 5 podemos apreciar de manera gráfica como se genera una transacción:

Figura 5*Generación de transacciones en blockchain*

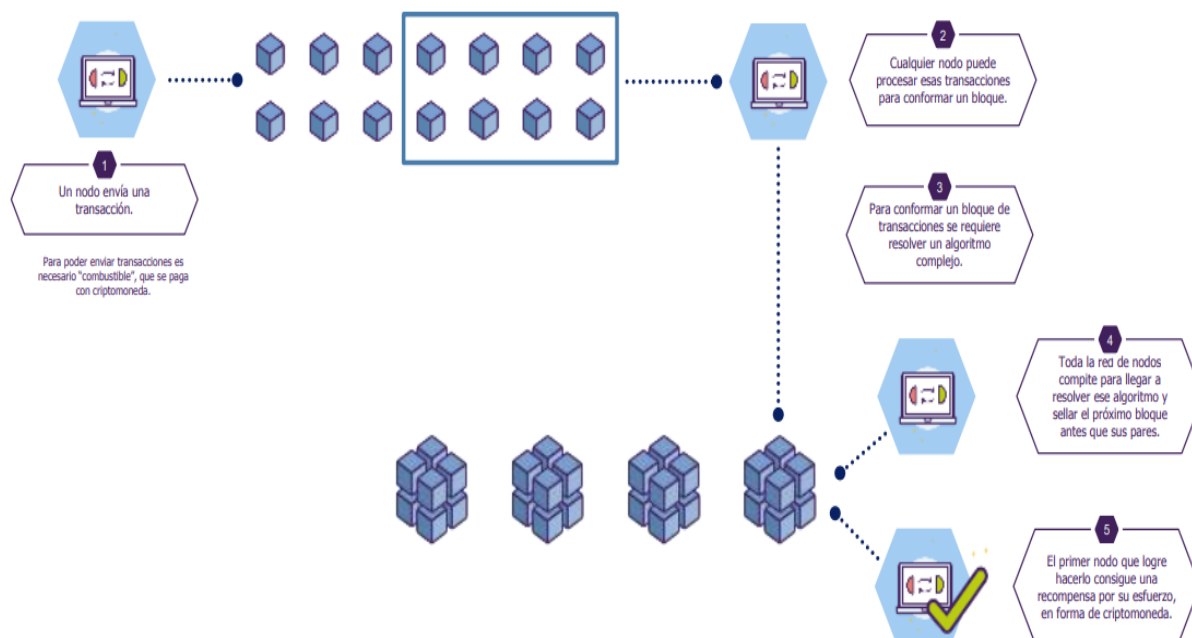
Nota. Obtenido de *Bloques y transacciones*, por Blockchain Federal Argentina, s.f., (<https://bfa.ar/blockchain/bloques-y-transacciones>).

Un tema no menor que se debe considerar es que las partes que interactúan cuando utilizan una red blockchain, aunque no confían entre sí, deben tener un consenso sobre la existencia, estado y evolución de los factores compartidos. El consenso es la clave de este sistema, ya que se trata del fundamento que permite que todas las personas que participan en él puedan confiar en la información que se ha grabado en el mismo (Preukschat et al., 2017). El proceso por el cual se genera un bloque de transacciones y el mismo se suma a la cadena es llamado sellado o minado. En el momento en el que el bloque queda sellado, la información contenida se vuelve inmutable e inalterable ya que forma parte de la cadena de bloques de forma permanente. El mecanismo que regula la manera en la que los nodos sellan bloques llegando a un acuerdo entre sí, se denomina protocolo de consenso. Esto puede implementarse de varias formas, vamos a explicar tres de los protocolos de consenso más utilizados. Comenzamos con el protocolo Prueba de Trabajo (Proof of Work en inglés), en la implementación de este modelo todos los nodos son pares dentro de la red y compiten para sellar un bloque primero, consiguiendo de esta manera una recompensa en criptomoneda. Esto lo realizan resolviendo un complejo algoritmo, por lo cual se utiliza un alto nivel de

procesamiento que se traduce en un mayor costo energético (BFA, s.f.). En la Figura 6 podemos apreciar el proceso del protocolo de prueba de trabajo:

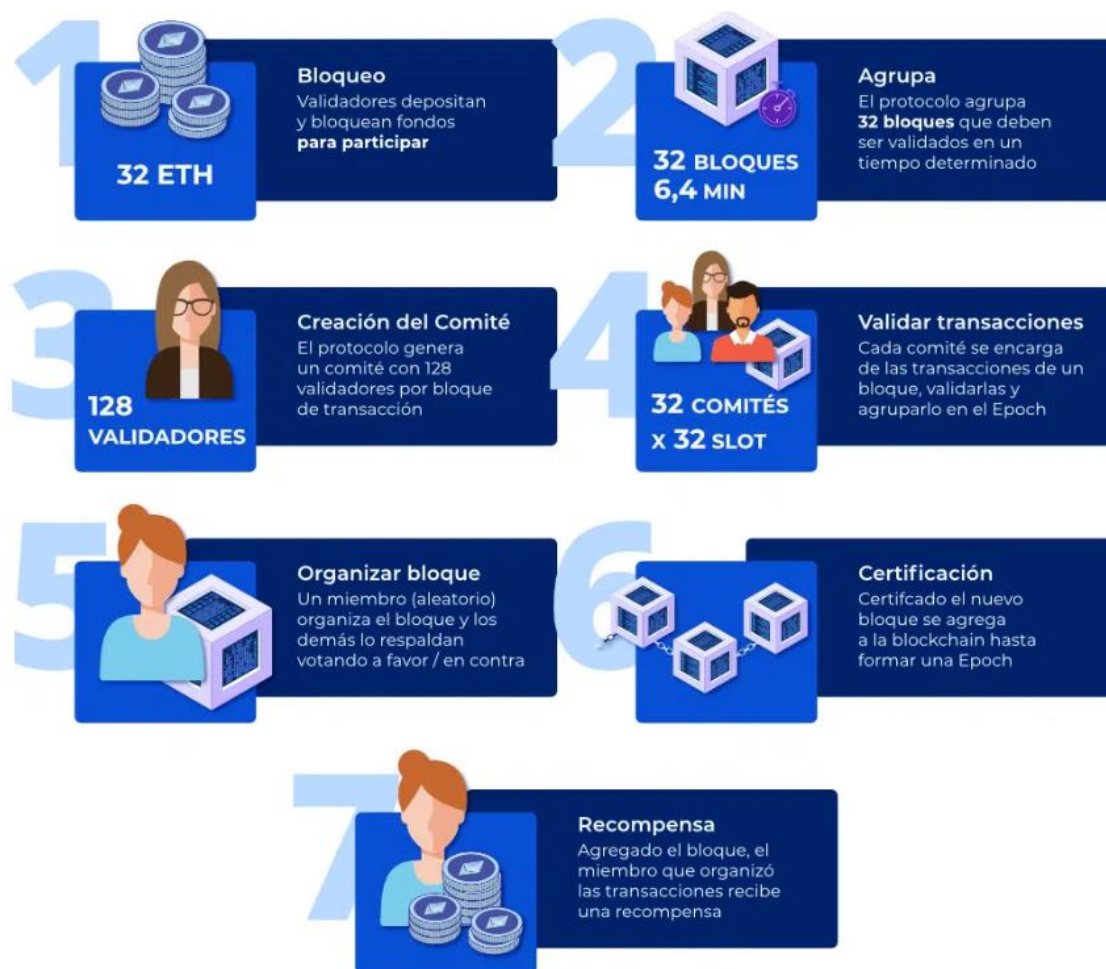
Figura 6

Funcionamiento del Protocolo Prueba de Trabajo



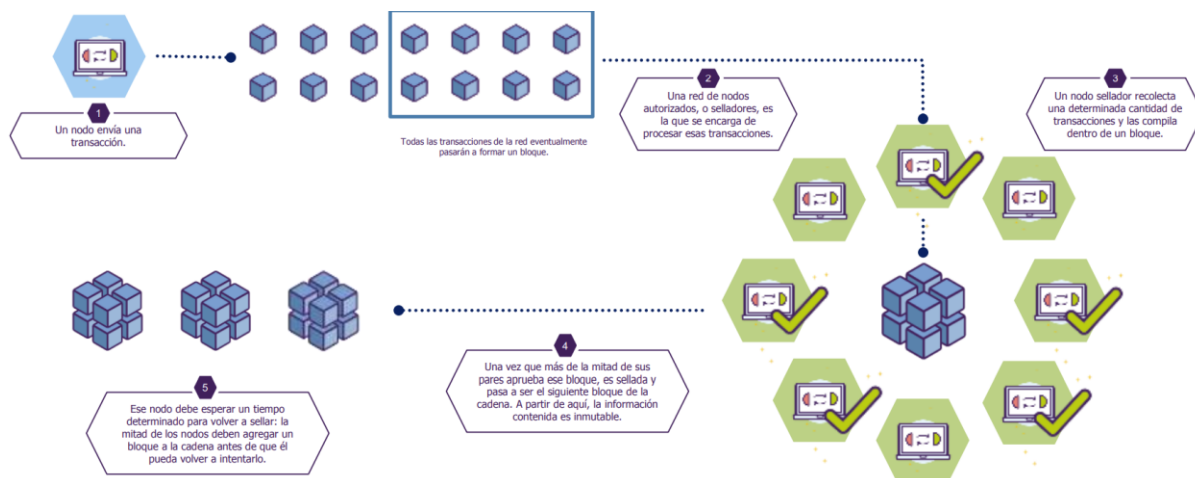
Nota. Obtenido de *Brief - Blockchain Federal Argentina*, por Blockchain Federal Argentina, s.f., (https://gitlab.bfa.ar/blockchain/docs/-/wikis/uploads/2f1ea2f0b7a40121dd273d30ef7090ee/Brief_BFA.pdf).

Continuamos con el protocolo Prueba de Participación (Proof of Stake en inglés) el cual cuenta con una serie de validadores, los cuales son las personas que depositan criptomonedas para poder participar, su función es procesar y validar las transacciones. Al igual que los mineros, también reciben una recompensa por su participación. Una diferencia importante con el protocolo de prueba de trabajo es que en este de participación no hay competencia ya que, el protocolo se encarga aleatoriamente de elegir al miembro que se encargará de proponer las transacciones y también a quienes van a validarlas. Una ventaja importante de este protocolo es el reducido consumo energético para mantener la red activa (Leal, 2023). En la Figura 7 podemos apreciar el proceso del protocolo de prueba de participación:

Figura 7*Funcionamiento del Protocolo Prueba de Participación*

Nota. Obtenido de *Algoritmos de Consenso: Prueba de Trabajo (PoW) vs. Prueba de Participación (PoS)*, por Leal A. 2023, Criptonoticias, (<https://www.criptonoticias.com/criptopedia/algoritmos-consenso-prueba-trabajo-pow-prueba-participacion-pos/>)

Concluimos con el protocolo de Prueba de Autoridad (Proof of Authority en inglés) y en el mismo solamente hay una determinada cantidad de nodos que tienen la autorización para resolver el sellado de los bloques. Este es un protocolo que no se relaciona con la competencia, sino que el reducido grupo que tiene los permisos para agregar bloques a la cadena se turna para hacerlo. Como no es necesario la resolución de complejos algoritmo, la cantidad de procesamiento es baja y en consecuencia el consumo energético. En este modelo no hay recompensas en criptomonedas por la participación (BFA, s.f.). En la Figura 8 podemos apreciar el proceso del protocolo de prueba de autoridad:

Figura 8*Funcionamiento del Protocolo Prueba de Autoridad*

Nota. Obtenido de *Brief - Blockchain Federal Argentina*, por Blockchain Federal Argentina, s.f., (https://gitlab.bfa.ar/blockchain/docs/-/wikis/uploads/2f1ea2f0b7a40121dd273d30ef7090ee/Brief_BFA.pdf).

Luego de tratar los protocolos de consenso utilizados, continuaremos con la división de las redes blockchain entre públicas, privadas e híbridas. En las públicas, una persona, aunque no sea usuario puede ingresar y consultar las transacciones realizadas. Son abiertas, esto quiere decir que cualquiera con pocos conocimientos técnicos sobre el protocolo puede ser usuario. Son descentralizadas, ya que todos los nodos son iguales, no hay usuarios con mayor poder que otros. Por último, son pseudoanónimas porque sus integrantes no son identificables pero las direcciones al ser públicas son rastreables. Las unidades de cuenta utilizadas en las blockchain públicas se denominan tokens y son dígitos que representan registros dentro de una cadena de bloques. En las privadas, solamente los participantes pueden consultar datos sobre las transacciones realizadas. Son cerradas, con lo cual solamente las personas invitadas a participar adquieren la categoría de usuarios y pueden transaccionar, además hay diferentes niveles de autorización. Son distribuidas, la cantidad de nodos que la componen puede estar determinada y todos los nodos se conocen. Por último, son anónimas, en las mismas se puede definir el nivel de anonimato requerido para la realización o protección de las transacciones. A las blockchain privadas se las suele denominar en inglés Distributed Ledger Technology (DLT), que traducido al español sería Tecnología de Libro de Mayor Distribuido. En las híbridas, se da una combinación de las anteriores y sus características varían de acuerdo con el modelo de implementación que se desea desarrollar (Preukschat et al., 2017). Resumiendo, brevemente

los dos tipos fundamentales de blockchain vamos a tomar las palabras de los autores Preukschat et al. (2017):

Se puede decir que una blockchain es pública si cualquier usuario puede participar en ella libremente, de ahí que se la llame también «blockchain sin permiso» (permissionless, en inglés). En cambio, en una privada la posibilidad de participar no está al alcance de todo el mundo, aunque el código utilizado sea público: la persona debe ser invitada a participar, razón por la cual en ocasiones se la denomina «blockchain con permiso» (permissioned, en inglés). (p. 21)

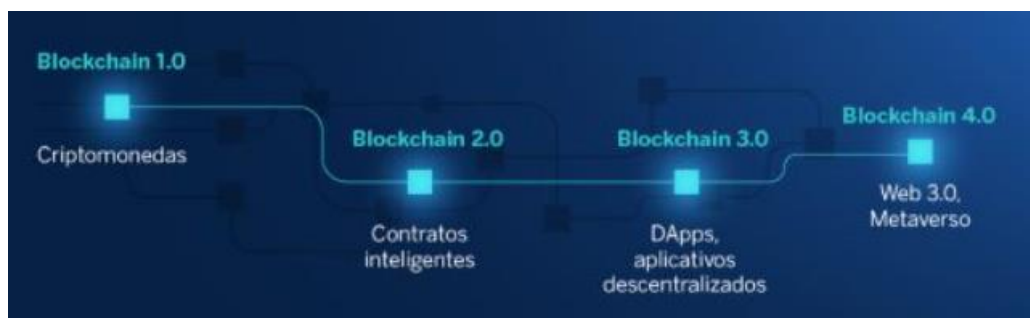
2.2.2. Evolución de blockchain

La tecnología blockchain desde su creación fue evolucionando y pasando a través de diferentes etapas, las cuales describiremos a continuación: En su etapa inicial, la blockchain 1.0 se basó en la aplicación de las criptomonedas, tuvo su primer caso de uso con Bitcoin y luego se fue ampliando hasta llegar actualmente a la existencia de más de 10.000 criptomonedas en circulación. Luego en la blockchain 2.0 aparecieron los contratos inteligentes que brindan la posibilidad de realizar acuerdos automatizados en los que se realizan tareas, con un flujo de trabajo previamente definido, cuando se cumplen condiciones predeterminadas. En la blockchain 3.0 llegaron las aplicaciones descentralizadas (DApps), las cuales se diseñan para que existan en internet sin un control por parte de una entidad concreta, son ejecutadas en redes P2P. Estos protocolos de tercera generación son centrados en: velocidad, seguridad, escalabilidad, interoperabilidad y conciencia medioambiental. Se estima que las DApps alcanzarán un mercado total de 368.250 millones de dólares hacia 2027. La blockchain 4.0 está basada en la innovación, sus claves serán la velocidad, la experiencia de usuario y usabilidad. La aplicación de esta tecnología se sostiene mediante dos pilares fundamentales: el primero es la Web 3.0, que pone foco en la descentralización y está impulsada por los avances tecnológicos como el Internet de las cosas (IoT), la inteligencia artificial y blockchain. El segundo es el Metaverso, un espacio de realidad virtual que genera experiencias de interacción con otros usuarios dentro de un entorno creado por una computadora, para desarrollarlo se utilizan tecnologías como inteligencia artificial (IA), internet de las cosas (IoT), la realidad aumentada, la realidad virtual, la computación en la nube y blockchain. Con la tecnología blockchain 4.0 se pueden obtener los siguientes requisitos del metaverso: una gestión de datos descentralizada, seguridad, prueba digital de titularidad, generar una colección digital de activos, gobernanza, transferencia de valor mediante el uso de criptomonedas e interoperabilidad. Se puede decir que la blockchain 4.0 podrá hacer que las empresas migren sus operaciones a aplicaciones

seguras y autorreguladas sin tener que utilizar otros mecanismos de confianza (Banafa, 2022). La evolución desarrollada en este párrafo puede apreciarse gráficamente en la Figura 9:

Figura 9

Evolución de la tecnología blockchain



Nota. Obtenido de *Blockchain 4.0*, por Ahmed Banafa, 2022, (<https://www.bbvaopenmind.com/tecnologia/mundo-digital/blockchain-4-0/>).

2.2.3. Plataformas más difundidas

En este apartado presentaremos las características fundamentales de las plataformas más difundidas a nivel internacional, las cuales son Bitcoin y Ethereum, y además presentaremos dos blockchains difundidas en el ámbito latinoamericano y local como son Rootstock (RSK) y Blockchain Federal Argentina (BFA).

Como ya comentamos anteriormente, en 2008 se publicó el libro blanco de Bitcoin. En enero de 2009 se pone en funcionamiento la blockchain Bitcoin presentando al mercado la criptomoneda más conocida de todas y que precisamente dio origen a blockchain, el BTC (Bitcoin). Esta red utiliza como protocolo de consenso la prueba de trabajo (PoW) y es considerada como la blockchain más segura del mundo (Cointelegraph, s. f.).

La blockchain Ethereum fue lanzada en el año 2015 y se basa en la misma tecnología que Bitcoin, pero tiene una diferencia importante. Si bien ambas permiten utilizar dinero digital de manera descentralizada, Ethereum es programable, o sea que incorpora la posibilidad de crear aplicaciones sobre ella y contratos inteligentes. La criptomoneda que se utiliza en la red se denomina Ether (ETH) y el protocolo de consenso utilizado es el de Prueba de Participación (PoS). Para que las aplicaciones que se montan sobre la red puedan utilizar su poder computacional deben pagar una pequeña cantidad de ETH (Ethereum, s. f.).

Rootstock (RSK) blockchain, fue presentada por la organización IOV Labs en 2017 y este avance permitió la creación de contratos inteligentes en Bitcoin (IOV Labs, s. f.). RSK funciona como una blockchain independiente formando una cadena lateral que corre en

paralelo a la blockchain principal de Bitcoin, las mismas están unidas entre sí con un conector bidireccional cuyo trabajo es formar una especie de puente entre ambas. Por el mismo, se efectúa el intercambio de las criptomonedas que, básicamente, funciona de la siguiente manera: cuando alguien necesita utilizar una funcionalidad de RSK, bloquea por ejemplo 1 BTC en la blockchain de Bitcoin, y eso le proporciona 1 RBTC en la blockchain RSK. Con este RBTC puede pagar las cantidades necesarias para crear por ejemplo contratos inteligentes o realizar pagos instantáneos. Es importante resaltar que RSK al igual que Ethereum utiliza Solidity como lenguaje de programación para los contratos inteligentes (Pérez, s. f.).

Blockchain Federal Argentina (BFA) es una plataforma colaborativa lanzada en 2019 que se integra por sectores de la administración pública, empresas privadas e instituciones educativas. La misma se basa en la tecnología de Ethereum, pero sin la utilización de criptomonedas, el protocolo de consenso utilizado es el de prueba de autoridad y las transacciones dentro de la blockchain son gratuitas. Cabe mencionar que el modelo de almacenamiento es off-chain, en la blockchain solo se guardan los hashes de los documentos, pero estos son almacenados fuera de la red (Blockchain Federal Argentina, s. f.).

2.2.4. Ámbitos de utilización de blockchain

La tecnología blockchain se encuentra inmersa o está próxima a ingresar en varias industrias, organizaciones y sectores, los cuales detallaremos a continuación en los siguientes párrafos:

La industria bancaria para lograr optimizar el entorno dispone de cuatro aplicaciones, las cuales son: Pagos Globales, Trade Finance, Liquidación de Transacciones y Cumplimentación de la Regulación Automatizada. Dentro de las blockchains públicas del sector las más conocidas son Bitcoin y Ethereum, con ellas cualquier persona puede convertirse en usuario o formar parte de ellas como un nodo. Los usuarios pueden realizar envíos de dinero de manera global en un tiempo reducido y a bajo costo. Son de gran utilidad en países en los que existe controles de capital y elevada inflación, en los que hay una tasa muy baja de bancarización, o en los cuales la población perdió la confianza en su sistema financiero. En las blockchain privadas se podría nombrar a Ripple (ripple.com) que es una plataforma de pagos internacionales y de conversión de divisas, en la cual las transacciones se efectúan en segundos (Preukschat et al., 2017).

En las compañías aseguradoras los actores principales coinciden en que requieren aumentar sus márgenes de rentabilidad y que para ello deben transformar el modelo de negocios tradicional. Uno de los primeros pasos dados en la industria fue el formar un consorcio

de reaseguradoras, que incluyó a Aegon, Allianz, Munich Re, Swiss Re y Zurich, con el objetivo de compartir sinergias y poder investigar las posibilidades que ofrece la tecnología. Se creó un clúster llamado Blockchain Insurance Industry Initiative-B3i, para poner en común las ideas, los casos de uso y las experiencias. La principal utilización de la tecnología en las aseguradoras se basa en los contratos inteligentes (Preukschat et al., 2017). Según una publicación del autor Sheehan (2022) la iniciativa B3i se declaró en quiebra y dejó de operar por no poder recaudar nuevo capital: “The Blockchain Insurance Industry Initiative (B3i) has announced that it has filed for insolvency after failing to raise new capital in recent funding rounds.”

En telecomunicaciones se puede aplicar en la gestión interna de las redes, que tienen millones de dispositivos y a futuro con la utilización del internet de las cosas serán billones, implementando automatismos que reduzcan la complejidad y mejoren la gestión de autenticidad, de duplicidades y de seguridad. También la tecnología puede aplicarse a la gestión interna del negocio, llevando a cabo toda la gestión de las tarjetas SIM desde la compra hasta su activación. Otro caso de uso sería la interoperabilidad entre diferentes sectores, por ejemplo, que se pueda utilizar un servicio prepago sin la necesidad de tener una cuenta con el operador, simplemente relacionándolo a una cuenta bancaria. Por último, supondría una reducción en la barrera de entrada al negocio, permitiendo que empresas pequeñas que sean ágiles puedan ganar mercado (Preukschat et al., 2017).

En la industria energética la utilización de blockchain permitiría gestionar un nuevo modelo de distribución descentralizado, en el cual no solamente las empresas distribuidoras venderían la energía, sino que, con la ayuda de los equipos de generación como los paneles fotovoltaicos se podría insertar energía a la red para poder venderla. Se pueden nombrar proyectos como Powerpeers que posibilita la compraventa de energía punto a punto y también Grid Singularity que permite asegurar las transacciones entre generadores pequeños de energía solar con sus consumidores (Preukschat et al., 2017).

Dentro de la industria 4.0, el IIoT (Industrial Internet Of Things) requiere tener una autenticación y mantención de integridad de datos de los diferentes dispositivos y esto puede llevarse a cabo de manera descentralizada con la utilización de blockchain. Será posible registrar los valores de actividad de los sensores y mantenerlos en una base inalterable. En fábricas inteligentes será posible establecer una comunicación M2M (Machine to Machine), mediante la cual se podrán realizar acuerdos de suministro, coordinación de la producción y acuerdos logísticos reflejados en contratos inteligentes. Otro punto importante será quitar los

intermediarios en el proceso productivo, pudiendo llegar las empresas a recibir desde un portal descentralizado las peticiones directamente del cliente final (Preukschat et al., 2017).

En farmacéutica y salud, tenemos dos puntos fundamentales en los que puede ser aplicable la tecnología blockchain, el primero de ellos es en la producción de medicamentos, para lo cual se podría tener un control detallado de los mismos desde su fabricación y a través de toda la cadena de suministros evitando de esta manera también falsificaciones y la fabricación ilegal. Existen compañías como Blockverify que se encargan de desarrollar servicios sobre la cadena de suministros. El segundo punto está orientado a tener una trazabilidad del historial médico de los pacientes, el cual debe contar con niveles de privacidad sobre los datos sensibles, pero podría permitir incluso una relación entre los historiales y la investigación médica. La plataforma iSolve cuenta con BlockRx que se utiliza para integrar a los investigadores, fabricantes de dispositivos médicos y proveedores de atención médica (Preukschat et al., 2017).

Dentro de la industria de las pymes la utilización de blockchain podría suponer grandes ahorros de tiempo y dinero, esto se podría realizar manteniendo los registros contables en una base de datos única que sería compartida con todas las entidades involucradas, ya sean las agencias tributarias para poder llevar un control directo y automatizado lo cual serviría para determinar impuestos sin necesidad de presentaciones de ningún tipo, como así también otras empresas con las cuales se podrían reflejar automáticamente las transacciones efectuadas entre ellas en este libro de contabilidad compartido. Esta implementación también beneficiaría a las pequeñas empresas ya que podrían realizar análisis de la información disponible y utilizarlo para la toma de decisiones, sin la necesidad de costos softwares como los que utilizan las grandes empresas (Preukschat et al., 2017).

En el juego online aplicar la tecnología blockchain podría generar mayor transparencia y confiabilidad de las personas en los sitios de apuesta. Primeramente, se podría dar a conocer cuál es la lógica detrás del juego, mostrando la probabilidad y aleatoriedad de las apuestas, lo cual generaría una mayor claridad y seguridad para los usuarios. Registrando las apuestas en una base de datos inmutable y descentralizada es posible garantizar la integridad del juego. La página web de apuestas SatoshiDice fue una de las primeras en implementar este modelo desarrollando su negocio sobre la blockchain de Bitcoin. Tenemos también la empresa Quanta que desarrolló una lotería utilizando contratos inteligentes sobre la blockchain Ethereum y comercializa la misma a empresas o instituciones para que puedan utilizarla como negocio propio (Preukschat et al., 2017).

Para los medios de comunicación la blockchain promete democratizar el mercado y llevarlo hacia un entorno más colaborativo y descentralizado. Con la utilización de la tecnología sería posible quitar los intermediarios y poder relacionar directamente la industria de los medios o a los mismos profesionales directamente con los usuarios, los cuales podrían realizar transacciones de compra inmediatas en las que pagarían por ejemplo por los minutos de lectura de determinado artículo. Además, esto podría beneficiar la preservación de la privacidad al realizar la lectura de contenido de forma anónima. En el ámbito de la publicidad tenemos el buscador Brave que permite encontrar y visualizar contenido sin publicidad realizando pagos con Bitcoin a las páginas webs que generan los contenidos dependiendo del tiempo que le dedica el lector a cada página. Otro punto importante que puede aportar blockchain es fortalecer la libertad de prensa, por ejemplo, en países con gobiernos autoritarios en los cuales los periodistas y los receptores de la información pueden evitar dejar sus huellas en las publicaciones garantizando el anonimato de ambos (Preukschat et al., 2017).

En las ONG la primera incursión en el mundo de blockchain fue la utilización de criptomonedas, obteniendo donaciones de personas por este medio para la financiación de sus proyectos. Algunas de las organizaciones pioneras en este sentido fueron Save the Children, Wikileaks, y United Way. El punto fundamental que se logra con la utilización de criptomonedas es evitar los intermediarios y recibir donaciones directas de cualquier persona que tenga un celular con acceso a internet. Existe organizaciones como BitGive con su plataforma de blockchain pública GiveTrack que fue creada para obtener donaciones transparentes y así poder financiar proyectos. Otro de los puntos en los que puede ser aplicable esta tecnología en las ONG, sería mediante la creación de blockchains privadas para utilizar como plataformas colaborativas con otras ONG y de esta manera poder mantener la privacidad de datos, por ejemplo, de personas que fueron víctimas de delitos y se encuentren siendo atendidas por tal motivo. También la utilización de blockchain en las ONG puede aportar transparencia y brindarle una cuestión de imagen positiva que ayude a las personas que deciden colaborar a seleccionar entre una u otra (Preukschat et al., 2017).

La utilización de blockchain en la administración pública es un camino hacia la descentralización, esta tecnología puede aplicarse en los registros de la propiedad, en licencias, en los censos poblacionales, en pasaportes, registros criminales, certificados de nacimiento o defunción, en los sistemas de votación, en el pago de impuestos por la utilización de los servicios, entre otros. Existen países que han implementado esta tecnología y entre ellos el más avanzado es Estonia que la utiliza para sus registros fiscales, empresariales y sanitarios. También tenemos el caso del Reino Unido que comenzó a utilizarla para el pago y monitoreo

de becas, como así también para los pagos de asistencia social. Australia utiliza esta tecnología para las comunicaciones gubernamentales, la logística, la seguridad cibernética y para el guardado de los videos filmados por la policía para garantizar que los mismos no sean alterados. Es indudable que la administración pública puede valerse de la tecnología blockchain para elevar la calidad y condiciones de vida de la ciudadanía (Preukschat et al., 2017).

En la industria de la construcción la utilización de esta tecnología traería las siguientes ventajas: Eliminación de intermediarios para crear procesos más eficientes, proporcionar transparencia y trazabilidad en los cambios y toma de decisiones, mantener los datos sincronizados en toda la cadena de valor y lograr confianza en la información (Díez, 2020). A continuación, en la Tabla 1 podemos ver diez posibles aplicaciones de blockchain en la industria de la construcción:

Tabla 1

Aplicaciones de blockchain en la construcción

Aplicación	Descripción
Asegurar el Nivel 3 de BIM	Aumentar la confianza y seguridad en la información, manteniendo inmutables los cambios que se realizan en el ciclo de vida del proyecto.
Acreditar rendimientos y aceleraciones de recursos en obra	Consolidar en blockchain información de seguimiento, producción y trazabilidad de recursos (mano de obra y maquinaria).
Control de presencia de maquinaria y personas en obra	Mantener la información de entrada - salida de personas y maquinarias para tener una base segura y confiable.
Garantías	Guardar en blockchain información sobre mala utilización de maquinaria, para poder dirimir garantías en caso de que sea necesario.
Aseguramiento de la calidad y trazabilidad de los materiales en obra	Mantener un registro completo del ciclo de vida de los materiales utilizados en la obra, para lograr una trazabilidad de estos.

Construcción sostenible verificada	Registrar información de parámetros medioambientales durante todo el proyecto de construcción, para poder demostrar a terceros, llegado el caso, el cumplimiento de estos.
Transmitir de forma veraz al usuario final conceptos de Responsabilidad Social	Transmitir al cliente los argumentos de responsabilidad social que lleva a cabo la empresa.

Nota. Elaborado con datos de *10 APLICACIONES DE BLOCKCHAIN PARA LA CONSTRUCCIÓN*, por Díez, 2020, ITAINNOVA (Instituto Tecnológico de Aragón), <https://www.itainnova.es/blog/industria-4-0/10-aplicaciones-de-blockchain-para-la-construccion/>

2.3. Criptomonedas

Una criptomoneda es un tipo de moneda digital que posee una protección criptográfica como método de seguridad y se utiliza de manera descentralizada, carece de entidades de control como son los bancos y procesadores de pago, con lo cual puede funcionar de manera independiente y sin intermediarios. Al ser descentralizada se pueden realizar las transacciones directamente de un individuo a otro y en lugar de guardarse en billeteras físicas o en cuentas bancarias, se utiliza para gestionarlas billeteras o exchanges de criptomonedas. Es importante destacar que, aunque hablemos de billeteras o exchanges, las criptomonedas siempre están en la blockchain resguardadas por claves privadas definidas por el individuo que las posee. En el caso particular de los exchanges, ellos son los que guardan las claves privadas que permiten a los usuarios acceder a sus criptomonedas. Del mismo modo que las monedas tradicionales, las criptomonedas son utilizadas como medio de pago. Una transacción se inicia con una transferencia que crea una firma digital utilizando la clave privada y la misma es enviada a la red, una vez que esta es validada por todos los nodos se genera un nuevo bloque en la blockchain que indica que esas criptomonedas cambiaron de titularidad (Binance Academy, 2023).

Las criptomonedas desde su creación han tenido un gran impacto en los ecosistemas de las finanzas y la tecnología, ya que presentan funcionalidades que las distinguen de las monedas

tradicionales, en la Tabla 2 podemos ver un detalle de los aspectos fundamentales que las hacen únicas.

Tabla 2

Aspectos Únicos de las Criptomonedas

Aspecto	Descripción
Descentralización	Al tener una arquitectura descentralizada, se elimina la necesidad de una autoridad central, otorgándole mayor autonomía y una menor vulnerabilidad a la manipulación.
Transparencia e inmutabilidad	Con la tecnología blockchain las transacciones son registradas en un libro mayor transparente e inalterable, con lo cual una vez que se agrega una nueva transacción cualquier persona puede verla y no se puede eliminar.
Programabilidad	Muchas criptomonedas, como por ejemplo Ether (ETH), son programables con lo cual los desarrolladores pueden implementar contratos inteligentes para poder crear aplicaciones descentralizadas.
Ruptura de fronteras	Las criptomonedas pueden transferirse e intercambiarse por todo el mundo, con lo cual pueden ser utilizadas fácilmente en las transacciones y remesas internacionales.
Suministro de monedas predefinido	La mayoría de las criptomonedas tiene una cantidad limitada, lo cual implica que se creará un número finito de ellas durante su existencia, generando un aspecto deflacionario positivo en el transcurso del tiempo debido a que la escasez conduce a la demanda. Esto marca un contraste con las monedas tradicionales, ya que los bancos centrales tienen la posibilidad de imprimir sin restricciones convirtiéndolas en inflacionarias.

Nota. Elaborado con datos de *¿Qué es una criptomoneda?*, por Binance Academy, 2023, (<https://academy.binance.com/es/articles/what-is-a-cryptocurrency>).

Para la tenencia de las criptomonedas utilizamos las llamadas billeteras, que son herramientas que sirven para interactuar con la red blockchain. Haciendo una primera división encontramos tres grupos de billeteras: de software, de hardware y de papel. La mayoría de las billeteras que se utilizan son las de software, aunque las de hardware sean las más seguras, las de papel consisten en imprimir una hoja de papel con los datos, pero en la actualidad se considera poco confiable y obsoleto. También podemos dividir las billeteras frías o calientes dependiendo de su mecanismo de trabajo. Una billetera caliente siempre se encuentra conectada a internet, son fácilmente configurables y las criptomonedas son de rápido acceso, lo que las hace convenientes para las personas que operan frecuentemente. Por su parte, las billeteras frías no están conectadas a internet, utilizan un medio físico para almacenar las claves lo cual las hace mucho más seguras y son utilizadas mayormente por los inversores a largo plazo. La función de las billeteras no es almacenar las criptomonedas, sino generar la información requerida (claves públicas y privadas) para el envío y recepción de las mismas utilizando transacciones en blockchain. La billetera contiene también una dirección, que se genera basado en las claves públicas y privadas, que brindan una ubicación en la blockchain a la cual se pueden enviar las criptomonedas. Con esta dirección se pueden recibir fondos o enviarlos. Es importante saber que la clave privada brinda acceso a las criptomonedas independientemente de la billetera que se utilice, con lo cual conociendo la misma se puede acceder a los fondos, aunque la computadora o teléfono inteligente hayan sido vulnerados. Las criptomonedas nunca abandonan la blockchain, simplemente se transfieren de una dirección a otra (Binance Academy, 2019). En la Tabla 3 podemos ver una comparación entre los diferentes tipos de billeteras que podemos obtener.

Tabla 3

Diferentes Tipos de Billeteras de Criptomonedas

Tipo	Descripción
Billeteras Web (Software)	Se accede a través de una interfaz diseñada para un navegador web, los usuarios crean su cuenta y establecen una contraseña para acceder a ella. Algunas billeteras webs permiten administrar las claves privadas en su totalidad o estableciendo un control compartido.

Billeteras de Escritorio (Software)	Es un software que se descarga y ejecuta localmente desde una computadora, a diferencia de las webs este tipo brinda un control total de las claves. Al instalarse se genera un archivo wallet.dat que contiene la clave privada, el mismo debe estar cifrado con una contraseña personal. Es importante tener una copia de seguridad de este archivo o exportar la clave privada para no perder el acceso a los fondos.
Billeteras Móviles (Software)	Funcionan de manera similar a las de escritorio, pero diseñadas como aplicaciones móviles. Es posible realizar el envío o recepción de criptomonedas utilizando códigos QR. Es importante también protegerla mediante un cifrado por contraseña y también hacer copia de seguridad de las claves privadas.
Billeteras de Hardware	Son dispositivos de hardware físicos y utilizan un generador de números aleatorios para crear las claves públicas y privadas, las cuales son almacenadas en el mismo dispositivo. Es una de las alternativas más seguras, son menos fáciles de utilizar y es también más difícil acceder a los fondos. Estas billeteras te permiten generar un código PIN y una frase de recuperación para el caso de que se pierda el dispositivo.
Billeteras de Papel	Se imprime una hoja de papel una dirección de criptomonedas y su clave privada en forma de códigos QR, los cuales se escanean para ejecutar transacciones. Una de las deficiencias más importantes es que solo permiten enviar el balance completo en una transacción, con lo cual para utilizar un saldo parcial se debería utilizar una billetera de otro tipo.

Nota. Elaborado con datos de *¿Qué es una billetera de criptomonedas?*, por Binance Academy, 2019, (<https://academy.binance.com/es/articles/crypto-wallet-types-explained>).

En la actualidad existen cerca de 10.000 tipos de criptomonedas en circulación, pero vamos a mencionar entre ellas a las más populares: La primera y más importante es bitcoin (BTC), la misma utiliza el sistema de prueba de trabajo (Proof of Work en inglés) en la red blockchain en la cual los mineros realizan las validaciones y mantienen la red en funcionamiento. Esta criptomoneda tiene programado un suministro total de 21.000.000 con lo cual dicha escasez ayuda a mantener su valor en el tiempo. Luego tenemos a ether (ETH) que

funciona sobre la red Ethereum y además de las transferencias de valor nos permite la utilización de contratos inteligentes. Inicialmente utilizaba el sistema de prueba de trabajo, pero en 2022 pasó al modelo de prueba de participación (Proof of Stake en inglés), que es un mecanismo más ecológico por utilizar menor capacidad de procesamiento. Tenemos también a binance coin (BNB) que se desarrolló en 2017 por el exchange Binance dentro de la blockchain de Ethereum, pero en 2019 pasó a su propia blockchain llamada BNB Chain. Por último, vamos a nombrar a la criptomoneda tether (USDT) que fue creada en 2014 por Tether Limited Inc., es una moneda estable (stablecoin) vinculada al valor del dólar estadounidense. Cabe mencionar que las stablecoins son criptomonedas que se diseñan para mantener un valor relacionado a un activo de reserva como lo es por ejemplo una moneda tradicional. El beneficio que tienen este tipo de criptomonedas es que minimizan las fluctuaciones de valor en el tiempo (Binance Academy, 2023).

2.4. Contratos inteligentes

2.4.1. Características de los contratos inteligentes

Cuando hablamos de contratos pensamos es un documento generado en papel, que tiene una serie de condiciones a cumplir y que debe estar firmado por las partes involucradas para tener validez. Cuando nos registramos en una red social, por ejemplo, aceptamos las políticas de privacidad y las condiciones de uso, en ese momento estamos brindando una firma digital. Si bien se está utilizando la tecnología en este proceso, sigue siendo una forma tradicional de contrato. En la actualidad se han desarrollado los contratos inteligentes (smart contracts en inglés), los cuales permiten que la firma y autorización se pueda realizar de manera automática y sin intermediarios, por tal razón podemos decir que es descentralizado (Universidad de Alcalá, 2019).

El término de contratos inteligentes fue introducido por Nick Szabo (1994), a los cuales definió del siguiente modo (traducido del inglés):

“Un contrato inteligente es un protocolo de transacción computarizado que ejecuta los términos de un contrato. Los objetivos generales del diseño de contratos inteligentes son satisfacer condiciones contractuales comunes (como condiciones de pago, gravámenes, confidencialidad e incluso ejecución), minimizar las excepciones tanto maliciosas como accidentales, y minimizar la necesidad de intermediarios confiables. Los objetivos económicos relacionados incluyen reducir las pérdidas por fraude, los costos de arbitraje y cumplimiento y otros costos de transacción.”

Con el surgimiento de la blockchain Ethereum los contratos inteligentes cobraron vida (Universidad de Alcalá, 2019). Los contratos inteligentes son programas que se almacenan dentro de la cadena de bloques y nos permiten convertir los contratos tradicionales en contratos digitales. Estos se basan en la lógica y siguen una estructura condicional del estilo si ocurre tal cosa, se produce tal otra (en inglés If-Then), con lo cual siempre van a comportarse como se han programado y no es posible cambiarlos. Nick Szabo se imaginó la construcción de un mercado digital basado en procesos automáticos que sean criptográficamente seguros, en el cual todas las transacciones y funciones empresariales puedan desarrollarse sin la necesidad de una base de confianza y además sin intermediarios. Los contratos inteligentes creados en Ethereum pusieron su visión en práctica (Ethereum, 2023).

El mayor inconveniente del contrato tradicional es la necesidad de confianza que debe existir entre las personas para que se cumpla lo estipulado en el mismo. Un ejemplo sencillo de esto sería que dos personas A y B van a realizar una carrera en bicicleta y apuestan 10 pesos para el que gane. Luego de finalizar la carrera A termina ganando, pero B no quiere pagar la apuesta porque argumenta que A le hizo trampa. Con este ejemplo podemos ver los problemas que tienen los contratos no inteligentes, que, aunque se cumplan las condiciones estipuladas, aún debe existir la confianza en que la otra persona cumplirá el acuerdo. Los contratos inteligentes realizan la digitalización de los acuerdos por medio de la conversión de sus términos en código informático que se ejecuta de manera automática cuando se cumplen los mismos. Un ejemplo sencillo para explicar el funcionamiento de un contrato inteligente es el de una máquina expendedora, en la cual entradas específicas nos garantizan salidas predeterminadas (Ethereum, 2023). Esto mismo podemos visualizarlo en la Tabla 4:

Tabla 4

Ejemplo de la máquina expendedora

Entrada	Salida
Selección de un producto.	Importe requerido para comprar el producto.
Insertar la cantidad de dinero correcta.	Verificación de la cantidad ingresada. Si se insertó la cantidad correcta, se entrega el producto.

Nota. Elaborado con datos de *Introducción a los contratos inteligentes*, por Ethereum, 2023, (<https://ethereum.org/es/smart-contracts/>).

El contrato inteligente funcionará cumpliendo con las condiciones programadas, tal como lo hace la máquina expendedora de la tabla precedente. En la tabla 5 podremos apreciar las principales virtudes de esta tecnología:

Tabla 5

Virtudes de los contratos inteligentes

Concepto	Descripción
Ejecución automática	El beneficio más importante que tienen sobre los contratos ordinarios es precisamente su ejecución automática sin que una persona deba ejecutar el resultado, se elimina la necesidad de confianza.
Resultados predecibles	Se elimina la posibilidad de interpretaciones diferentes, ya que se ejecutan en base a las condiciones escritas en el código del contrato. Ante similares circunstancias el contrato inteligente siempre generará el mismo resultado.
Registro público	Si el contrato se encuentra desarrollado en una blockchain pública, cualquiera podrá realizar un seguimiento instantáneo de la ejecución de este.
Protección de la privacidad	En redes pseudoanónimas, en la cual las transacciones están vinculadas a una dirección criptográfica y no a la identidad, se protege la privacidad de las personas frente a los observadores.
Términos visibles	Se puede verificar el contenido del contrato inteligente antes de interactuar con este o firmarlo, y más aún que al ser públicos los términos (en blockchains públicas) cualquiera puede examinarlo.

Nota. Elaborado con datos de *Introducción a los contratos inteligentes*, por Ethereum, 2023, (<https://ethereum.org/es/smart-contracts/>).

Existen varios tipos de contratos inteligentes, entre los cuales se destacan los siguientes: Contratos inteligentes legales, los cuales se encargan de validar el funcionamiento de cualquier transacción, como pueden ser contratación de productos, compras y ventas, servicios, prestamos, depósitos en garantía, entre otros. Contratos inteligentes contables, en los que las

organizaciones autónomas descentralizadas (DAO por su sigla en inglés) realizan el seguimiento a las interacciones financieras. Contratos inteligentes lógicos de aplicación, estos operan con otros contratos y programas automatizados, para poder validar y generar una simple interacción entre los diferentes dispositivos (Sierra, 2019).

Para crear los contratos inteligentes se pueden utilizar protocolos informáticos como son los Sistemas de Gestión para Smart Contracts (SCMS) de una manera sencilla, se define la base de datos, el calendario de inicio y fin de este, se puede tener una interfaz amigable de usuario y hasta un editor de borradores. De todas maneras, para las personas que quieran crear sus propios contratos, la mejor opción es utilizar una Plataforma de Smart Contratos (SCP) (Sierra, 2019). En la Tabla 6 podemos ver las características de las plataformas más utilizadas:

Tabla 6

Plataformas más utilizadas para Contratos Inteligentes

Plataforma	Descripción
Ethereum	Se puede crear fácilmente contratos inteligentes en Ethereum gracias a la Ethereum Virtual Machine (EVM), la misma procesa códigos de manera optimizada, el código es enviado con las tarifas requeridas y luego la EVM se encarga de procesarlos. Las transacciones se realizan a partir de su criptomoneda ETH.
Binance	Se crean de manera similar a Ethereum ya que la Binance Smart Chain (BSC) es compatible con la Ethereum Virtual Machine, las transacciones se realizan a partir de su criptomoneda BNB.
Cardano	La blockchain de Cardano (ADA) evolucionó desde el año 2017 y ahora es posible crear contratos inteligentes, el lenguaje de programación está basado en Haskell.

Nota. Elaborado con datos de *Smart contracts: ejemplos, tipos y para qué sirven*, por Lemontech Blog, 2019, (https://blog.lemontech.com/smart-contracts/#Como_funcionan_los_smart_contracts).

En la blockchain de Ethereum los contratos inteligentes se programan con lenguajes relativamente fáciles para el desarrollador si este ya tiene experiencia en Python o JavaScript,

ya que la sintaxis es similar. Los lenguajes de programación soportados son Solidity y Vyper. Para los desarrolladores más experimentados es posible utilizar Yul o Yul+ que son lenguajes intermedios para la máquina virtual de Ethereum (Ethereum, 2022). En la Tabla 7 podemos ver las características del lenguaje Solidity:

Tabla 7

Características del lenguaje de programación Solidity

Característica
Influenciado por C++, Python y JavaScript.
Escrito estáticamente (el tipo de variable se conoce durante el tiempo de compilación).
Herencia (puedes ampliar otros contratos).
Bibliotecas (puedes crear código reutilizable que puedes solicitar desde diferentes contratos, p. ej., como funciones estáticas en una clase estática en otros lenguajes de programación orientados a objetos).
Tipos complejos definidos por el usuario.
Nota. Elaborado con datos de <i>LENGUAJES DE CONTRATO INTELIGENTE</i> , por Ethereum, 2022, (https://ethereum.org/es/developers/docs/smart-contracts/languages/).

2.4.2. Ámbitos de utilización de los contratos inteligentes

Los contratos inteligentes utilizan la tecnología blockchain para hacer más sencillo el intercambio de dinero, de propiedades, información o en fin lo que los usuarios consideren para iniciar la transacción entre ellos (Sierra, 2019). Algunos ejemplos de utilización de los contratos inteligentes podemos aprécialos en la Tabla 8 y en la Tabla 9:

Tabla 8

Ejemplos de utilización de los Contratos Inteligentes

Sector	Descripción
Servicios	Se utilizan por ejemplo en las ofertas iniciales de monedas, donde las
Legales	empresas ofrecen tokens digitales para la venta al público. El contrato inteligente facilita la recolección de monedas virtuales y la distribución del

token digital de la compañía, con un acuerdo escrito que establece los riesgos que asumen los compradores y los derechos que tienen contra el vendedor.

Servicios Financieros	Son utilizados para la gestión de compensaciones, reclamos de seguros, cálculos y transferencias de micro préstamos, entre otros.
Salud	Se utilizan para la habilitación de acceso al registro de salud, seguimiento de la salud de los pacientes a través de los diversos dispositivos de IoT (Internet of Things) y generación automática de recompensas cuando alcanzan un hito.
Público	Almacenando los datos públicos en la blockchain, utilizando contratos inteligentes la información puede ser enviada a las partes que la requieran, manteniendo al propietario de los datos al tanto.
Industria	Los contratos inteligentes también se utilizan, por ejemplo, para automatizar los pagos a proveedores en la cadena de suministro.

Nota. Elaborado con datos de *Smart contracts: ejemplos, tipos y para qué sirven*, por Lemontech Blog, 2019, (https://blog.lemontech.com/smart-contracts/#Como_funcionan_los_smart_contracts).

Tabla 9

Aplicaciones de contratos inteligentes en la construcción

Aplicación	Descripción
Automatización de certificaciones de proyecto	Utilizando contratos inteligentes se podría automatizar la certificación de avances de obra (ejecución versus proyectado) con BIM.
Seguridad en obra y reducción de accidentes	Guardar la información sobre las directrices de las leyes de seguridad, para poder tener un sistema de alertas con contratos inteligentes sobre posibles desvíos en su cumplimiento.

Gestión de compras transparente	Gestionar la presentación de ofertas de una licitación y seleccionar el proveedor ganador de forma automática utilizando contratos inteligentes.
---------------------------------	--

Trasmitir de forma veraz al usuario final conceptos de	Transmitir al cliente los argumentos de responsabilidad social que lleva a cabo la empresa.
--	---

Responsabilidad Social

Nota. Elaborado con datos de *10 APLICACIONES DE BLOCKCHAIN PARA LA CONSTRUCCIÓN*, por Díez, 2020, ITAINNOVA (Instituto Tecnológico de Aragón), <https://www.itainnova.es/blog/industria-4-0/10-aplicaciones-de-blockchain-para-la-construccion/>

2.5. Investigaciones anteriores

Como antecedente al presente trabajo, tenemos la investigación impulsada desde la Cámara Argentina de la Construcción y realizada por Mariano Zukerfeld (2020) en la cual se abordan primeramente las limitaciones en torno a la digitalización de la industria de la construcción. Sobre este punto el autor comenta que todavía existe demasiado conocimiento tácito e información analógica relevante, lo cual actúa en detrimento a la digitalización del sector. Luego realiza un análisis cuantitativo del sector de la construcción en la argentina utilizando diversos datos e indicadores obtenidos del Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina, los cuales lo llevan a la conclusión de que el nivel de digitalización de la industria es bajo. Finalizando su análisis enumera una serie de potenciales y limitaciones para la implementación de blockchain en el sector. Dentro de los potenciales detalla: poder lidiar con bajos niveles de confianza, tanto entre individuos como para con los funcionarios públicos. La disminución de los retrasos en la finalización de las obras, exponiendo un índice de que el 51% de los proyectos de construcción no terminan a tiempo. La disminución de los incumplimientos relacionados a la cadena de pagos, exponiendo un índice de que dentro de los proyectos que no terminan a tiempo, en el 59% de los casos se producen problemas en los pagos. Lograr la formalización de los pagos, exponiendo que existe un alto nivel de informalidad en el sector. Luego, dentro de los limitantes y los desafíos detalla: la inestabilidad macroeconómica, la adopción baja de tecnologías digitales, la alta informalidad y evasión impositiva, los escasos antecedentes de implementaciones en el sector y por último las incertidumbres legales.

2.6. Resumen

Durante el desarrollo de este capítulo se abordó el marco teórico de la investigación, en el cual se detallaron los conceptos fundamentales de la tecnología blockchain, se describió la evolución de esta y se presentaron los ámbitos de utilización posibles. Luego se plantea el concepto de las criptomonedas tomando sus definiciones principales, se presentaron los diferentes tipos de billeteras que se utilizan para la manipulación de estas y se mencionaron a las principales criptomonedas existentes. Se desarrolla el tema de los contratos inteligentes tomando los conceptos fundamentales de esta tecnología y se presentan los ámbitos de utilización en los cuales son aplicables. Por último, se comenta sobre una investigación anterior sobre esta temática.

3. Capítulo 3: Digitalización en la Industria de la Construcción

3.1. Introducción

La industria de la construcción abarca tanto obras públicas como privadas, su amplitud varía desde la construcción de viviendas, edificios, como así también puentes, caminos o grandes represas. Como argumenta la Organización Internacional del Trabajo (s.f.) “a pesar de la globalización y de la existencia de una industria de la construcción internacional, el grueso de la actividad de construcción sigue realizándolo las empresas locales” y con esto queremos exponer que el grado de avance a nivel de digitalización también puede ser muy variado entre las diferentes regiones y países del mundo. A lo largo de este capítulo vamos a conocer los beneficios de la transformación digital del sector, también las herramientas digitales disponibles y tendencias enfocadas en la industria de la construcción.

3.2. Transformación Digital

Podemos definir la transformación digital como un proceso por el cual se integra la tecnología a todos los procesos y operaciones de la empresa. En la industria de la construcción implica hacer uso de las herramientas y tecnologías digitales que aprovechan la información generada para que todas las operaciones y los flujos de trabajo sean aún más eficientes, y a su vez productivos y seguros. En la actualidad, existen muchas herramientas y soluciones digitales que se encuentran disponibles para los profesionales y las empresas. Generalmente, en el sector de la construcción estos cambios y la adopción de nuevas tecnologías se realizan muy lentamente. Durante los últimos años con la necesidad de realizar procesos y operaciones ágiles, y tener mayor certidumbre en cuanto a los tiempos de entrega se aceleró notablemente la utilización de tecnologías digitales (BibLus, 2023). En la Tabla 10 podremos ver seis puntos que nos muestran como las nuevas tecnologías digitales están cambiando la industria de la construcción:

Tabla 10

Las tecnologías digitales cambian la industria de la construcción

Ítem	Descripción
Reducción de incertidumbres	Tener falta de claridad durante el diseño puede llegar a afectar el progreso del trabajo, con la digitalización se promueve la

colaboración y es posible reducir la incertidumbre y tener una mejor comunicación entre los diversos profesionales.

Comunicación y colaboración en tiempo real	Utilizando tecnologías digitales se crea un flujo de trabajo que mantiene la información en tiempo real, se promueve el respeto de los tiempos y costos previstos, ya que se reducen las imprevisiones y modificaciones. Al tener acceso a los planes e información, se racionaliza la actividad y se obtiene mejor calidad en el resultado final. Si se utiliza una nube de información, es posible centralizar la comunicación y permitir la interacción sin limitaciones geográficas.
Flujo de trabajo eficiente y seguimiento de documentos	La digitalización ayuda a tener un mejor seguimiento de los flujos de trabajo ya que los procesos son monitoreados para que no haya riesgo de pérdida de datos. Mediante la utilización de plataformas colaborativas se pueden asignar permisos y roles de usuario para la gestión de documentos. Para la organización de las actividades se pueden generar flujos de trabajo y definición de procedimientos para cada fase del proyecto.
Automatización de tareas para una mayor productividad	Con la automatización de tareas repetitivas se optimizan los recursos, se aumenta la eficiencia y la calidad del trabajo. A su vez se produce un ahorro de costos y tiempos.
Simplificación de tareas	Implementando herramientas tecnológicas se simplifican las operaciones, lo cual aumenta las ganancias y ayuda a retener clientes en tiempos inciertos.
Transición a tecnologías en la nube	Con una infraestructura en la nube se fomenta el intercambio de datos, archivos y el trabajo colaborativo.

Nota. Elaborado con datos de *La transformación digital en la construcción*, por BibLus, 2023, (<https://biblus.accasoftware.com/es/la-transformacion-digital-en-la-construccion/>).

Según Cammisa & Erlij (s. f.), el sector de la construcción representa un 13% del PIB mundial, pero aún tiene mucho potencial de crecimiento en cuanto a los términos de

productividad y uno de los factores fundamentales es su limitada digitalización. En Argentina se está lanzando en el mes de junio de 2023 una encuesta de digitalización en la industria de la construcción impulsada por el BIM Forum Argentina y la Cámara Argentina de la Construcción. La misma está dirigida a todos los profesionales del sector, incluyendo diseñadores, constructores, desarrolladores, consultores, gestores de proyectos de inversión pública y similares. Esta se llevará a cabo mediante formularios enviados por correo electrónico (Cámara Argentina de la Construcción, 2023).

3.3. Herramientas y Tendencias

En la actualidad, la industria de la construcción cuenta herramientas informáticas que apoyan la digitalización del sector. Entre ellas, una herramienta muy importante es BIM (del inglés Building Information Modelling) que en español significa modelado de información de construcción, se trata de diseñar el proceso de construcción en 3D de manera digital, en el cual toda la información sobre las diferentes partes del proyecto se gestiona y comparte con todo el equipo durante todo el ciclo de vida del edificio. La tecnología BIM comenzó a utilizarse hace más de 10 años y fue una evolución importante el pasar del dibujo asistido por computadora CAD (del inglés computer aided design), popularizado por el producto AutoCad, que solamente ofrecía una mejora en el proceso de visualización de los planos a esta herramienta integral. BIM permitió agregar datos a cada uno de los componentes del modelo y con ello se podría decir que impulsó la industria de la construcción hacia la era de la información. Algunos softwares utilizados para la creación de los modelos en 3D de los edificios son: Revit (Autodesk), MicroStation (Bentley), Graphisoft Archicad, Allplan y Vectorworks (Nemetschek Group). BIM permite crear un modelo de datos digitales compartidos que se podrán utilizar en la fase de diseño, la fase de construcción y la posterior fase de mantenimiento. Para poder trabajar con BIM se requiere que todos los elementos estén disponibles de manera digital (objetos BIM), actualmente un problema es que la mayoría del contenido representa objetos genéricos, por ejemplo, de puertas, ventanas, inodoros, etc. pero no incluyen datos reales. Sería necesario que los fabricantes no solo incluyan en su contenido BIM datos físicos, sino también información como las instrucciones de instalación, el consumo de energía, costos operativos y la vida útil (BIMobject, s.f.). La tecnología BIM se divide en 4 niveles de madurez, los cuales se explicarán en la Tabla 11.

Tabla 11*Niveles de madurez de BIM*

Nivel	Descripción
BIM nivel 0	Este nivel no implica colaboración, la información se genera con herramientas CAD, documentos no editables, dibujos en papel o en formato PDF.
BIM nivel 1	En este nivel se combinan los diseños en CAD 3D y 2D para la documentación, el intercambio de datos se realiza en un entorno común que administra el contratista, pero los modelos no se comparten con los miembros del proyecto.
BIM nivel 2	Se genera la información con modelos CAD en 3D en un entorno colaborativo. Todas las personas del proyecto comparten la información en un formato común como IFC (Industry Foundation Class) o COBie (Construction Operations Building Information Exchange). Se forma un modelo único con información compartida en un entorno de datos común.
BIM nivel 3	Se trabaja en un modelo único que se comparte en tiempo real. Se obtiene una mejor gestión de riesgo, menores costos, diseño integrado, aumento de la calidad e información más confiable.

Nota. Elaborado con datos de *BIM, NIVELES DE MADUREZ*, por Trace Software, s.f., (<https://www.trace-software.com/es/bim-niveles-de-madurez/#:~:text=BIM%20nivel%20%20se%20describe,trabajan%20con%20el%20modelo%20compartido.>).

Además de esta gran herramienta que nos ofrece la tecnología BIM, podemos nombrar otras aplicaciones que resultan de utilidad para el día a día en la construcción, las cuales vamos a presentar en la Tabla 12 a continuación:

Tabla 12*Cinco aplicaciones para la construcción*

App	Descripción
Autodesk BIM 360 Docs	Se utiliza interactuando con BIM y posibilita el acceso a toda la documentación del proyecto desde un dispositivo móvil.

Angle Meter Pro	Mide ángulos o inclinaciones en diferentes modos utilizando la cámara y los sensores del dispositivo móvil.
Fast Concrete Pad Calculator	Calcula los materiales necesarios para elaborar concreto, así como el costo y los desperdicios. Los datos pueden ser enviados por correo electrónico.
ArchiReport 5	Permite realizar un seguimiento de la obra y registrar anomalías, observaciones, informes, documentos, etc.
My Measures	Permite añadir las dimensiones a un objeto al cual se le toma una fotografía, agregando también comentarios para facilitar la comprensión.

Nota. Elaborado con datos de *5 Apps para hacer más eficiente la construcción*, por Inmobiliare, 28 de febrero de 2022, (<https://inmobiliare.com/5-apps-para-hacer-mas-eficiente-la-construccion/>).

A continuación, realizaremos un repaso de algunas de las tendencias digitales que se vislumbran para la industria de la construcción. Tenemos la impresión 3D, que comienza a ser utilizada por las empresas para la creación de modelos de edificios que tienen en construcción, lo cual ayuda a tener un diseño preciso del producto final. También existen casas construidas por impresión 3D pero aún se deben abordar posibles problemas estructurales. La utilización de drones, que ayuda a tareas de topografía y cartografía, como así también a realizar inspecciones de seguridad. Comienzan a utilizarse también robots en el sector de la construcción para realizar tareas de soldadura, de corte o de manipulación de materiales. La realidad virtual es otra de las tecnologías que comienza a utilizarse en este sector y puede aplicarse en varios puntos, incorporándose al proceso de diseño y planificación, permitiéndole a las empresas probar diferentes ideas antes de comenzar con el proyecto real. También puede utilizarse la realidad virtual para mejorar la seguridad de las obras, anticipándose en fases de diseño a los diferentes peligros para poder evitarlos luego y también con su uso capacitando a los trabajadores en materia de seguridad. La realidad virtual también permite comunicación con las diferentes empresas participantes de un proyecto. Por último, tenemos la tendencia de smartización que consiste en aplicar tecnología inteligente a los proyectos de la construcción

ayudando a mejorar su eficiencia y precisión, la misma puede incluir por ejemplo la utilización de sensores (Ludus, 2022).

3.4. Resumen

Durante el desarrollo de este capítulo, se abordó el concepto de digitalización y se detallaron los beneficios que provee el mismo a la industria de la construcción. Además, se realizó un repaso por las principales herramientas que se utilizan en la actualidad, como así también las tendencias de aplicación de las nuevas tecnologías al sector.

4. Capítulo 4: Blockchain en Empresas e Instituciones Argentinas

4.1. Introducción

La utilización de blockchain en Argentina se encuentra en aumento, tal es así que a nivel gubernamental se creó el Comité Nacional de Blockchain con la finalidad de organizar la implementación de esta tecnología en el ámbito del Estado nacional (Clementín, 2022). En este capítulo se abordará una investigación sobre la utilización de blockchain en empresas e instituciones argentinas, se evaluará que plataformas se están utilizando y basados en estos datos se medirá el grado de utilización de cada plataforma en Argentina.

4.2. Recolección de Datos

Considerando que no hay indicadores que nos muestren directamente las empresas e instituciones que utilizan blockchain en el país, la recolección de los datos se realiza por inmersión y navegación en páginas webs de empresas, sitios especializados y de noticias. Comenzamos la búsqueda partiendo de la plataforma Blockchain Federal Argentina (BFA), en la Tabla 13 podemos ver el listado de instituciones que utilizan BFA.

Tabla 13

Empresas e Instituciones que utilizan Blockchain Federal Argentina (BFA)

Institución	Aplicación
Boletín Oficial de la República Argentina	El Boletín Oficial publica a diario en su web cuatro secciones en formato digital que contienen normas jurídicas y otros actos de naturaleza pública, tanto del poder legislativo como del ejecutivo y el judicial. Por medio de BFA ofrece una garantía más sobre la integridad de la información, ya que cualquier ciudadano puede verificar que la información publicada no fue alterada luego de su publicación en el sitio oficial.
C&S S.A.	Incorpora BFA a su carpeta de soluciones software, sellando en la Blockchain procesos de las plataformas compr.ar y contrat.ar entre otros clientes. Desarrolló además el buscador http://bfaexplorer.com.ar/ para las consultas de las transacciones.

Cámara de Diputados	Voto electrónico. El diputado emite el voto y el sistema genera un archivo en formato PDF que está vinculado a un "Hash", que es un código que queda registrado en la red Blockchain Federal y no permite la edición ni la manipulación de ese archivo.
Colegio de Escribanos de la Ciudad	El nuevo Sistema de Documentos Notariales Digitales (GEDONO), agiliza la validación de documentos notariales digitales. Está disponible en el sitio web del Colegio de Escribanos de la Ciudad de Buenos Aires y le permite a los ciudadanos e instituciones públicas y privadas verificar, sin demoras y sin necesidad de instalar certificados adicionales, todos los documentos notariales digitales que reciban.
DIDI	Proyecto DIDI ha desarrollado e implementado el primer modelo de identidad digital auto-soberana de América Latina basado en Blockchain, con el objetivo de disminuir la asimetría informativa que afecta a personas que se desenvuelven en entornos de informalidad dificultando su acceso a bienes y servicios de calidad. Es un porta documento digital. Certifica que los datos sean verdaderos.
ENACOM	Enacom utiliza blockchain para la publicación de datos abiertos. Garantiza la inmutabilidad de la información y aporta transparencia al proceso. Se publica en la web los listados junto con su recibo digital. Cualquier usuario puede verificar el sellado en la web de BFA.
Fidtech S.A.	Desarrolló la herramienta Photofied. Tecnología 3WC de certificación de imágenes basada en Blockchain, para otorgar condiciones únicas de inmutabilidad, perdurabilidad y verificabilidad a las fotografías.

Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires	La solución de “Carpeta Ciudadana” apunta a ser un repositorio de documentos digitales del vecino que sean emitidos por el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires u otra Entidad afín, como ser certificados de capacitaciones, títulos secundarios, partidas de nacimiento, actas de matrimonio entre otros.
Inspección General de Justicia	Toda sociedad por Acciones Simplificadas tiene la obligatoriedad de presentar sus libros en formato digital ante la AFIP. Con BFA se garantiza la inmutabilidad de los PDF sin necesidad de tener la información publicada en la Red.
KYAS SRL	Kyas ha desarrollado y trabaja continuamente en la actualización y soporte del SITC -Sistema Informático de Trazabilidad Citrícola. Este sistema es utilizado por SENASA para administrar la información de trazabilidad de la producción de citrus que se exporta desde Argentina a los múltiples mercados de destino de la fruta fresca.
Lotería de Río Negro	Garantiza los resultados de los sorteos sin adulterar sellándolos en Blockchain. Los ganadores reciben un certificado para demostrar el origen de los fondos.
Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología	El Registro Público de Graduados Universitarios proporciona datos de egresados universitarios certificados por el Ministerio de Educación. Gracias a la digitalización del trámite de certificación de diplomas y analíticos, y a la incorporación de Blockchain en el proceso, es posible autenticar la veracidad de la información contenida en el registro y que ésta sea accesible a la comunidad.
Municipalidad de la Ciudad de Mendoza	El municipio de la Ciudad de Mendoza publica documentación oficial (Ordenanzas, Decretos y Resoluciones) e información generada en cada proceso administrativo (transferencia de

inmuebles, habilitación de comercios y obras privadas, entre otras). Toda esta información se encuentra certificada en Blockchain.

Municipalidad de San Lorenzo	Todos los años, la gestión municipal destina una partida del presupuesto para que la ciudadanía decida cómo gastarla, abriendo una convocatoria de propuestas en la que cualquier ciudadano o institución puede presentar proyectos. Luego, los mismos ciudadanos votan qué proyectos se van a ejecutar. Con el objetivo de sumar confiabilidad al proceso de votación, los resultados se van sellando digitalmente de forma diaria en BFA.
NIC Argentina	NIC Argentina certifica listados con los dominios que fueron dados de alta y transferidos durante la jornada a través de BFA. Los mismos son publicados a diario en https://rdlist.nic.ar/rd_list/ y, de esta manera, se puede confiar en que los datos son inmutables.
Oficina Nacional de Tecnologías de Información	La ONTI publica en su sitio estándares tecnológicos para proveer a los organismos del Sector Público Nacional herramientas que les posibiliten adquirir e implementar de mejor manera bienes y servicios TIC.
Prefectura Naval Argentina	Prefectura Naval Argentina provee con una frecuencia de una hora la información de la altura de los ríos. Estos datos son de suma importancia para distintos actores como, por ejemplo, todos aquellos vinculados al transporte marítimo. Al ser validados por BFA, es posible demostrar que las mediciones no fueron modificadas y aportar transparencia a la información.
Secretaría de Gobierno de Modernización	Las Sociedades por Acciones Simplificadas validan sus libros digitales de actas en Blockchain por medio de la plataforma de Trámites a Distancia. De esta manera, es posible presentar los hashes correspondientes a cada documento sin necesidad de tener esa información publicada en la Red.

SENASA	Utiliza BFA gracias al SITC, un sistema desarrollado por Kyas SRL. para verificar información de trazabilidad.
Sistema de Información Universitario (SIU)	El SIU-Diaguita, Módulo de Compras, Contrataciones y Patrimonio del SIU, es utilizado por más de 50 Universidades Nacionales y Organismos Públicos. Se incorporó el uso de Blockchain (BFA) en la etapa Convocatoria, a la funcionalidad de recepción de ofertas. De esta manera, la fecha y hora de la oferta del proveedor que se registra en el sistema queda certificada en BFA.
Superintendencia de Riesgos del Trabajo	La Superintendencia de Riesgos del Trabajo implementó las Pólizas Digitales como una solución tecnológica de uso obligatorio para las Aseguradoras de Riesgo del Trabajo (incluidos canales comerciales tercerizados) y para los empleadores.
Última Milla S.A.	Desarrolló el monitor de bloques de la BFA. Sistema web que permite visualizar el contenido de la red mainnet y testnet. www.bfascan.com.ar .
Universidad Nacional de Córdoba	Con la digitalización de los sistemas de gestión de alumnos utilizados en universidades para la carga y archivo de actas de examen, promoción y equivalencia, entre otros datos, es posible verificar dicha información por medio de Blockchain.

Nota. Adaptado de *Aplicaciones*, por Blockchain Federal Argentina, s. f. (<https://bfa.ar/bfa/aplicaciones>).

Continuando la búsqueda, tenemos a la organización IOV Labs que desarrolló una blockchain llamada RSK que es una cadena lateral de la blockchain de Bitcon (Pérez, s. f.). Dentro de la blockchain RSK identificamos a las siguientes empresas e instituciones argentinas: Kryptonmarket es un startup que ofrece una solución de billetera de pagos con criptomonedas. Money On Chain es un startup que ofrece la stablecoin DOC (Dollar On Chain) (Peña, 2022). Gasnor utiliza la aplicación Gasnet sobre la blockchain RSK para registrar todas las transacciones que certifican las nuevas instalaciones de gas y conexión de servicios (Ledger Insights, 2020). El municipio de Marcos Paz posee la aplicación Activos MMP desarrollada

por la empresa Koibanx sobre la blockchain de RSK, con esta se relacionan los vecinos y comercios para intercambiar bienes y servicios utilizando activos digitales (Quirós, 2019). Río Uruguay Seguros (RUS) implementó una billetera de criptomoneda para guardar e intercambiar la RUS Coin, que podrán obtenerla los vendedores siguiendo las iniciativas de capacitación y diversificación de sus carteras. El desarrollo fue realizado por Koibanx sobre la blockchain RSK (Quirós, 2020). Nuclearis adopta una solución en la blockchain RSK que permite la trazabilidad de los componentes utilizados para las centrales nucleares en toda la cadena de suministro (Jimenez, 2020). El Banco Central de Argentina adopta la tecnología blockchain utilizando RSK para el seguimiento de los pagos, el sistema va a manejar las transacciones de débito directo de los clientes (Bello, 2020). Carnes Validadas creó una plataforma de trazabilidad bajo la blockchain RSK para realizar el seguimiento de los cortes de carne a través de toda la cadena escaneando un código QR (The Food Tech, 2020). Las empresas del sector cárnico que utilizan la solución SaaS sobre la blockchain de RSK que ofrece Carnes Validadas son: Cabaña Pilagá, Teodelina S.A., Aurora, Santa María del Recuerdo y La Loma (Carnes Validadas, s. f.). Kilimo desarrolló una herramienta en la blockchain RSK para realizar mediciones de huella hídrica utilizando datos satelitales y emite certificados inteligentes verificados por esta tecnología (iProUP, 2021). Extrimian brinda servicios para diseñar, construir y alojar aplicaciones sobre la blockchain RSK (Maldonado, 2020).

Encontramos también a la empresa Aysa que en 2022 lanzó el programa EcoAySA sobre la blockchain Algorand, que otorga beneficios y descuentos a los usuarios, incentivando un consumo más responsable de los recursos naturales. Este permite trackear el consumo de los clientes y recompensarlos de forma transparente y segura (iProUP, 2022).

Identificamos aplicaciones que utilizan empresas argentinas sobre la blockchain de IBM: Agree Market brinda una plataforma que permite comprar, negociar y vender granos y subproductos, es la primera en implementar la tecnología en el sector agrícola (Startupeable, 2020). Carrefour Argentina incorpora la tecnología blockchain de IBM para mantener una trazabilidad en la carne vacuna de su marca Huella Natural Carrefour (Producción Sustentable, s. f.). Nueva Pescanova utiliza la plataforma de blockchain IBM Food Trust para implementar la trazabilidad de todos los productos de mar a través de la cadena de suministro (Interempresas, 2022). El startup S4 incorpora en su aplicación S4Go la tecnología blockchain de IBM Food Trust para permitir la trazabilidad de los cultivos en la cadena de suministro (iProUP, 2019). TradeLens es una plataforma blockchain de IBM que posibilita la colaboración entre socios comerciales, genera eficiencia y visibilidad en la cadena global de comercio, digitalizando los

flujos comerciales. En la misma se sumaron los puertos Terminal Zárate y Terminal Puerto Rosario (RM Forwarding, 2019).

Se encontraron aplicaciones que se desarrollan sobre la blockchain de Ethereum: OpenVino desarrolló un sistema de transparencia y trazabilidad y tokenización para la industria vitivinícola (Argentina.gob.ar, 2022). Qubistry utilizando el caso de uso de votación electrónica desarrolló aplicaciones sobre la blockchain de Ethereum como por ejemplo QubistryVOT que se utilizó en Latinoamérica para realizar simulacros de votaciones (Quirós, 2019).

Encontramos aplicaciones de empresas argentinas desarrolladas dentro de la blockchain de Bitcoin: Bitex es un startup Fintech que ofrece servicios financieros utilizando la blockchain de Bitcoin. Signatura ofrece una plataforma de firma electrónica sobre la blockchain de Bitcoin grabando parte de la información cifrada del documento original (Bitcoin.es, 2019).

4.3. Análisis de Situación

Luego de haber realizado la investigación sobre las empresas e instituciones argentinas que utilizan la tecnología blockchain, elaboramos la Tabla 14 que contiene un listado de estas, detallando que plataforma utilizan y se cuantifica el total de ellas.

Tabla 14

Cantidad de empresas e instituciones argentinas identificadas que utilizan blockchain

Empresa o Institución	Blockchain
Boletín Oficial de la República Argentina	BFA
C&S S.A.	BFA
Cámara de Diputados	BFA
Colegio de Escribanos de la Ciudad	BFA
DIDI	BFA
ENACOM	BFA
Fidtech S.A.	BFA
Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires	BFA
Inspección General de Justicia	BFA
KYAS SRL	BFA
Lotería de Río Negro	BFA
Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología	BFA

Municipalidad de la Ciudad de Mendoza	BFA
Municipalidad de San Lorenzo	BFA
NIC Argentina	BFA
Oficina Nacional de Tecnologías de Información	BFA
Prefectura Naval Argentina	BFA
Secretaría de Gobierno de Modernización	BFA
SENASA	BFA
Sistema de Información Universitario (SIU)	BFA
Superintendencia de Riesgos del Trabajo	BFA
Última Milla S.A.	BFA
Universidad Nacional de Córdoba	BFA
IOV Labs	Bitcoin
Kryptonmarket	RSK
Money On Chain	RSK
Gasnor	RSK
Municipio de Marcos Paz	RSK
Río Uruguay Seguros (RUS)	RSK
Nuclearis	RSK
Banco Central de Argentina	RSK
Carnes Validadas	RSK
Cabaña Pilagá	RSK
Teodelina S.A.	RSK
Aurora	RSK
Santa María del Recuerdo	RSK
La Loma	RSK
Kilimo	RSK
Extrimian	RSK
Aysa	Algorand
Agree Market	IBM
Carrefour Argentina	IBM
Nueva Pescanova	IBM
S4	IBM
Terminal Zárate	IBM

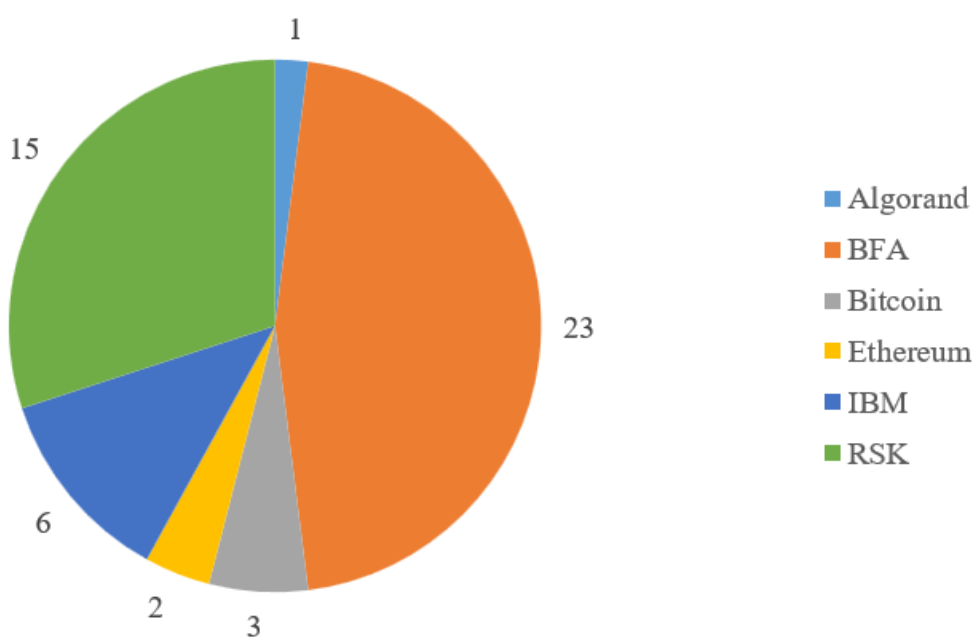
Terminal Puerto Rosario	IBM
OpenVino	Ethereum
Qubistry	Ethereum
Bitex	Bitcoin
Signatura	Bitcoin
Cantidad Total	50

Nota: Elaboración propia, utilizando los datos de la investigación realizada.

Según los datos presentados en la Tabla 14 podemos ver claramente que en el transcurso de la investigación se identificaron cincuenta empresas o instituciones de Argentina que utilizan blockchain. En base a estos datos vamos a representar gráficamente en la cantidad cuantificada por plataforma en la Figura 10.

Figura 10

Cantidad de empresas e instituciones argentinas identificadas que utilizan blockchain por plataforma



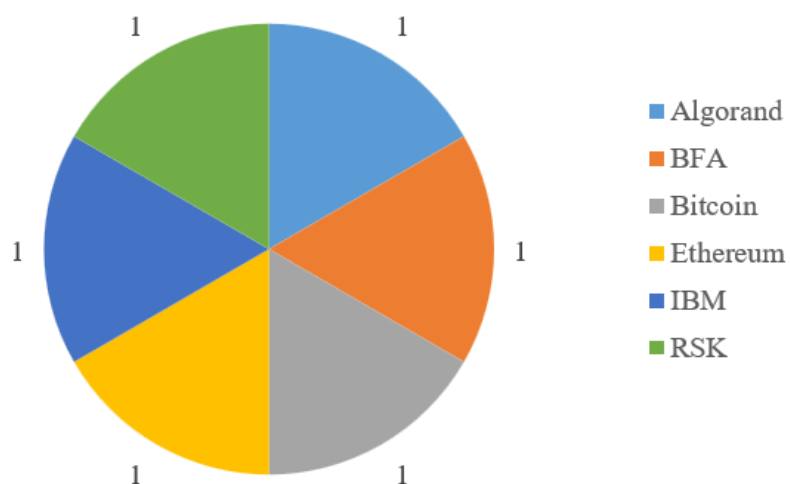
Nota. Elaboración propia.

En la Figura 11 podemos apreciar el total de empresas e instituciones identificadas que utilizan blockchain se divide en seis blockchains diferentes.

Figura 11

Cantidad de plataformas blockchain utilizadas por empresas e instituciones argentinas identificadas

Total = 6

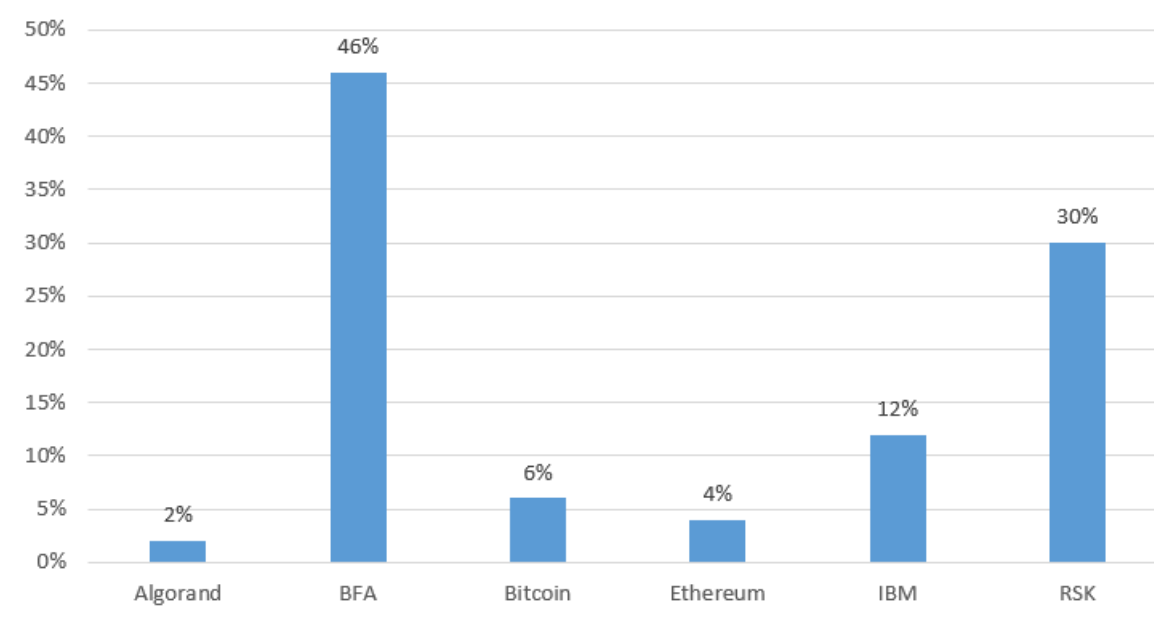


Nota. Elaboración propia.

Por último, en la Figura 12 podemos apreciar que las blockchain más utilizadas en Argentina, según los datos obtenidos de la investigación, son BFA y RSK.

Figura 12

Grado de utilización de blockchain en argentina por plataforma



Nota. Elaboración propia.

4.4. Informe Final

El presente trabajo se basó en investigar en el ámbito de Argentina la utilización de blockchain en empresas e instituciones, tanto públicas como privadas, con el fin de analizar la confiabilidad de las infraestructuras de blockchain disponibles basándonos en el grado de utilización de estas.

Durante la investigación se han identificado un total de 50 empresas que utilizan la tecnología blockchain, las cuales se encuentran distribuidas entre seis plataformas: Algorand que contiene 1 implementación, Blockchain Federal Argentina (BFA) que contiene 23 implementaciones, Bitcoin que contiene 3 implementaciones, Ethereum que contiene 2 implementaciones, IBM que contiene 6 implementaciones y Rootstock (RSK) que contiene 15 implementaciones.

El grado de utilización de cada plataforma, ordenado de manera descendente, es el siguiente: BFA presenta un grado de utilización del 46%, RSK presenta un grado de utilización del 30%, IBM presenta un grado de utilización del 12%, Bitcoin presenta un grado de utilización del 6%, Ethereum presenta un grado de utilización del 4% y, por último, Algorand presenta un grado de utilización del 2%.

Según los resultados obtenidos podemos apreciar que las plataformas con mayor grado de utilización son BFA con un 46% del mercado y RSK con un 30% del mercado. Basándonos en estos porcentajes podríamos establecer que estas dos plataformas son las más confiables del mercado según la elección de las empresas que las utilizan.

Cabe mencionar que dentro de las empresas identificadas no se ha encontrado ninguna que se relacione con el rubro de la construcción.

4.5. Resumen

Durante el desarrollo de este capítulo se realizó la investigación sobre las empresas e instituciones argentinas que utilizan blockchain. Posteriormente sobre el total identificado se realizó un análisis cuantitativo para lograr determinar el grado de utilización de las diferentes plataformas de blockchain utilizadas en Argentina. Consecutivamente se presenta el informe final de la investigación demostrando los resultados obtenidos.

5. Conclusiones

El presente trabajo de investigación se realizó con el fin encontrar una solución al problema de la falta de transparencia en la industria de la construcción de Argentina. Se trata de un problema frecuente y para intentar mitigarlo se abordan programas de ética en los negocios desde la principal cámara del sector de la construcción. Con este trabajo se pretende brindar una solución mediante la implementación de contratos inteligentes sobre la tecnología blockchain, que al ser una base de datos inalterable provee la confianza y transparencia que se necesita en la industria.

La tecnología blockchain se encuentra implementada en diferentes industrias y a través de su evolución fue generando diversos casos de uso, desde su comienzo con las criptomonedas hasta la actualidad relacionándose con la web 3.0 y el metaverso. Con el surgimiento de los contratos inteligentes se amplían los casos de aplicación, ya que este instrumento permite ejecutar operaciones lógicas en relaciones de negocio de todo tipo, de manera automática y eliminando la necesidad de confianza entre las partes.

En la industria de la construcción los casos de uso para la aplicación de blockchain y contratos inteligentes son amplios, sin embargo, a nivel global nos encontramos con un bajo nivel de digitalización que hace más lenta su adopción. En Argentina se está comenzando a medir la digitalización en la industria de la construcción, con lo cual al momento de la realización de este trabajo no contamos con indicadores disponibles.

En el planteamiento de nuestra hipótesis indicamos que la posibilidad de implementar contratos inteligentes en la industria de la construcción de Argentina se relaciona directamente con la utilización de una plataforma de blockchain que sea confiable. Se realizó una investigación para identificar a las empresas e instituciones de Argentina que utilizan blockchain, y para cada caso se analizó la plataforma utilizada. De acuerdo con los resultados obtenidos, se observa que la plataforma BFA es la más utilizada en el país llegando a un 46% del total del mercado. Luego, en segundo lugar, tenemos a la plataforma RSK que es utilizada en el 30% del total del mercado. De acuerdo con el análisis realizado, se comprueba la hipótesis y se obtienen dos plataformas confiables para el desarrollo de contratos inteligentes.

Habiendo analizado las características que presentan las plataformas de blockchain más utilizadas en Argentina, BFA es apropiada para implementar casos de uso para la industria de la construcción que no requieran de la utilización de una criptomoneda. En cambio, la

plataforma RSK es apropiada para implementar casos de uso para la industria de la construcción que necesiten utilizar criptomonedas.

6. Líneas Futuras de Investigación

Recomendamos como un posible lineamiento para futuras investigaciones analizar de qué modo desde las instituciones participantes de la industria de la construcción se puede llegar a fomentar la digitalización del sector, de acuerdo con lo investigado, entendemos que se ha comenzado a evaluar por medio de encuestas. Asimismo, sería interesante que también se aborde la realización de una guía de buenas prácticas que indique los pasos a seguir por las empresas constructoras para digitalizar la mayoría de sus operaciones.

En línea con las recomendaciones anteriores, sería de gran utilidad poder elaborar un procedimiento que indique como implementar un contrato inteligente desde cero para casos de uso de la industria de la construcción.

7. Anexo I – Programación en Solidity

En este anexo se presenta un ejemplo de programación en el lenguaje Solidity que es utilizado para crear contratos inteligentes en la blockchain Ethereum (Solidity, s.f.):

```
pragma solidity ^0.4.0;

contract SimpleStorage {
    uint storedData;

    function set(uint x) {
        storedData = x;
    }

    function get() constant returns (uint) {
        return storedData;
    }
}
```

La primera línea simplemente dice que el código fuente se ha escrito en la versión 0.4.0 de Solidity o en otra superior totalmente compatible (cualquiera anterior a la 0.5.0). Esto es para garantizar que el contrato no se va a comportar de una forma diferente con una versión más nueva del compilador. La palabra reservada `pragma` es llamada de esa manera porque, en general, los “pragmas” son instrucciones para el compilador que indican como este debe operar con el código fuente (p.ej.: `pragma once`). Un contrato para Solidity es una colección de código (sus funciones) y datos (su estado) que residen en una dirección específica en la blockchain de Ethereum. La línea `uint storedData;` declara una variable de estado llamada `storedData` del tipo `uint` (unsigned integer de 256 bits). Esta se puede entender como una parte única en una base de datos que puede ser consultada o modificada llamando a funciones del código que gestiona dicha base de datos. En el caso de Ethereum, este es siempre el contrato propietario. Y en este caso, las funciones `set` y `get` se pueden usar para modificar o consultar el valor de la variable. Para acceder a una variable de estado, no es necesario el uso del prefijo `this`, como es habitual en otros lenguajes. Este contrato no hace mucho todavía (debido a la infraestructura construida por Ethereum), simplemente permite a cualquiera almacenar un número accesible para todos sin un (factible) modo de prevenir la posibilidad de publicar este número. Por supuesto, cualquiera podría simplemente hacer una llamada `set` de nuevo con un valor diferente y sobrescribir el número inicial, pero este número siempre permanecería almacenado en la historia de la blockchain. Más adelante,

veremos como imponer restricciones de acceso de tal manera que sólo tú puedas cambiar el número.

A continuación, se detalla un ejemplo de creación de una submoneda (Solidity, s.f.): El siguiente contrato va a implementar la forma más sencilla de una criptomoneda. Se pueden generar monedas de la nada, pero sólo la persona que creó el contrato estará habilitada para hacerlo (es trivial implementar un esquema diferente de emisión). Es más, cualquiera puede enviar monedas a otros sin necesidad de registrarse con usuario y contraseña - sólo hace falta un par de claves de Ethereum.

```
pragma solidity ^0.4.0;

contract Coin {
    // La palabra clave "public" hace que dichas variables
    // puedan ser leídas desde fuera.
    address public minter;
    mapping (address => uint) public balances;

    // Los eventos permiten a los clientes ligeros reaccionar
    // de forma eficiente a los cambios.
    event Sent(address from, address to, uint amount);

    // Este es el constructor cuyo código
    // sólo se ejecutará cuando se cree el contrato.
    function Coin() {
        minter = msg.sender;
    }

    function mint(address receiver, uint amount) {
        if (msg.sender != minter) return;
        balances[receiver] += amount;
    }

    function send(address receiver, uint amount) {
        if (balances[msg.sender] < amount) return;
        balances[msg.sender] -= amount;
        balances[receiver] += amount;
        Sent(msg.sender, receiver, amount);
    }
}
```

Este contrato introduce algunos conceptos nuevos que vamos a detallar uno a uno. La línea `address public minter;` declara una variable de estado de tipo `address` (dirección) que es públicamente accesible. El tipo `address` es un valor de 160 bits que no permite operaciones aritméticas. Es apropiado para almacenar direcciones de contratos o pares de claves pertenecientes a personas externas. La palabra reservada `public` genera automáticamente una función que permite el acceso al valor actual de la variable de

estado. Sin esta palabra reservada, otros contratos no tienen manera de acceder a la variable. Esta función sería algo como esto:

```
function minter() returns (address) { return minter; }
```

La siguiente línea, `mapping (address => uint) public balances;` también crea una variable de estado pública, pero se trata de un tipo de datos más complejo. El tipo mapea direcciones a enteros sin signo. Los mapeos (Mappings) pueden ser vistos como tablas hash hash tables que son virtualmente inicializadas de tal forma que cada clave candidata existe y es mapeada a un valor cuya representación en bytes es todo ceros. Esta analogía no va mucho más allá, ya que no es posible obtener una lista de todas las claves de un mapeo, ni tampoco una lista de todos los valores. Por eso hay que tener en cuenta (o mejor, conservar una lista o usar un tipo de datos más avanzado) lo que se añade al mapping o usarlo en un contexto donde no es necesario, como este caso. La función getter creada mediante la palabra reservada `public` es un poco más compleja en este caso. De forma aproximada, es algo parecido a lo siguiente:

```
function balances(address _account) returns (uint) {
    return balances[_account];
}
```

Como se puede ver, se puede usar esta función para, de forma sencilla, consultar el balance de una única cuenta. La línea `event Sent(address from, address to, uint amount);` declara un evento que es disparado en la última línea de la ejecución de `send`. Las interfaces de usuario (como las de servidor, por supuesto) pueden escuchar esos eventos que están siendo disparados en la blockchain sin mucho coste. Tan pronto son disparados, el listener también recibirá los argumentos `from`, `to` y `amount`, que hacen más fácil trazar las transacciones. Con el fin de escuchar este evento, se podría usar:

```
Coin.Sent().watch({}, '', function(error, result) {
    if (!error) {
        console.log("Coin transfer: " + result.args.amount +
            " coins were sent from " + result.args.from +
            " to " + result.args.to + ".");
        console.log("Balances now:\n" +
```

```

        "Sender: " + Coin.balances.call(result.args.from) +
        "Receiver: " + Coin.balances.call(result.args.to));
    }
})

```

Es interesante como la función generada automáticamente `balances` es llamada desde la interfaz de usuario. La función especial `Coin` es el constructor que se ejecuta durante la creación de un contrato y no puede ser llamada con posterioridad. Almacena permanentemente la dirección de la persona que crea el contrato: `msg` (junto con `tx` y `block`) es una variable global mágica que contiene propiedades que permiten el acceso a la blockchain. `msg.sender` es siempre la dirección desde donde se origina la llamada a la función actual (externa). Finalmente, las funciones que realmente habrá en el contrato y que podrán ser llamadas por usuarios y contratos como son `mint` y `send`. Si se llama a `mint` desde una cuenta distinta a la del creador del contrato, no ocurrirá nada. Por otro lado, `send` puede ser usado por todos (los que ya tienen algunas de estas monedas) para enviar monedas a cualquier otro. Hay que tener en cuenta que, si se usa este contrato para enviar monedas a una dirección, no se verá reflejado cuando se busque la dirección en un explorador de la blockchain por el hecho de enviar monedas, y que los balances sólo serán guardados en el almacenamiento de este contrato de moneda. Con el uso de eventos es relativamente sencillo crear un “explorador de la blockchain” que monitorice las transacciones y los balances de la nueva moneda.

8. Acrónimos

3WC	3-Way-Classic [Clásica de 3 vías]
ADA	Criptomoneda de Cardano
AFIP	Administración Federal de Ingresos Públicos
B3i	Blockchain Insurance Industry Initiative [Iniciativa de la Industria de Seguros Blockchain]
BFA	Blockchain Federal Argentina
BIM	Building Information Modelling [Modelado de información de Construcción]
BNB	Binance Coin
BSC	Binance Smart Chain [Cadena Inteligente de Binance]
BSSC	Basque CyberSecurity Center
BTC	Bitcoin
CAD	Computer Aided Design [Diseño Asistido por Computadora]
CAMARCO	Cámara Argentina de la Construcción
COBie	Construction Operations Building Information Exchange [Intercambio de Informacion en Operaciones de Construcción de Edificios]
CPU	Central Processing Unit [Unidad Central de Procesamiento]
Dapps	Decentralized Applications [Aplicaciones Descentralizadas]
DLT	Distributed Ledger Technology [Tecnología de Contabilidad Distribuida]
DOC	Criptomoneda Dollar On Chain
ETH	Ether
EVM	Ethereum Virtual Machine [Máquina Virtual de Ethereum]
IA	Inteligencia Artificial
IFC	Industry Foundation Class [Clase básica de la industria]
IIoT	Industrial Internet Of Things [Internet de las Cosas Industrial]
IoT	Internet off Things [Internet de las Cosas]
M2M	Machine to Machine [Máquina a Máquina]
MIT	Massachusetts Institute of Technology [Instituto de Tecnología de Massachusetts]
ONTI	Oficina Nacional de Tecnologías de Información
P2P	Peer to Peer [De igual a igual]
PDF	Portable Document Format [Formato de Documentos Portátiles]

PIN	Personal Identification Number [Número de Identificación Personal]
PoS	Proof Of Stake [Prueba de Participación]
PoW	Proof Of Work [Prueba de Trabajo]
QR	Quick Response [Respuesta Rápida]
RBTC	Criptomoneda de RSK
RPoW	Reusable Proof Of Work [Prueba de Trabajo Reutilizable]
RSA	Rivest, Shamir y Adleman
RSK	Blockchain de Rootstock
RUS	Río Uruguay Seguros
SCP	Smart Contracts Platform [Plataforma de Contratos Inteligentes]
SENASA	Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria
SITC	Sistema Informático de Trazabilidad Citrícola
SIU	Sistema de Información Universitario
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación
USDT	Tether

9. Referencias

- Argentina.gob.ar (5 de abril de 2022). *Bodegueros argentinos se podrán sumar al mundo de la criptomoneda respaldada por vino*. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/bodegueros-argentinos-se-podran-sumar-al-mundo-de-la-criptomoneda-respaldada-por-vino>
- Banafa A. (22 de diciembre de 2022). *Blockchain 4.0*. OpenMind BBVA. <https://www.bbvaopenmind.com/tecnologia/mundo-digital/blockchain-4-0/>
- Basque CyberSecurity Center (s.f.). *RSA (Rivest, Shamir y Adleman)*. <https://www.ciberseguridad.eus/ciberglosario/rsa-rivest-shamir-y-adleman>
- Bello A. (24 de abril de 2020). *Argentina adopta la tecnología Blockchain de RSK*. Cripto Tendencia. <https://criptotendencia.com/2020/04/24/argentina-adopta-la-tecnologia-blockchain-de-rsk/>
- BibLus (5 de mayo de 2023). *La transformación digital en la construcción*. <https://biblus.accasoftware.com/es/la-transformacion-digital-en-la-construccion/>
- BIMObject (s.f.). *¿Qué es BIM?* <https://business.bimobject.com/es/por-que-bimobject/que-es-bim/>
- Binance Academy (5 de diciembre de 2018). *La Historia de Blockchain*. Recuperado el 15 de abril de 2023 de <https://academy.binance.com/es/articles/history-of-blockchain>
- Binance Academy (17 de junio de 2019). *¿Qué es una billetera de criptomonedas?* Recuperado el 3 de junio de 2023 de <https://academy.binance.com/es/articles/crypto-wallet-types-explained>
- Binance Academy (3 de abril de 2023). *¿Qué es una criptomoneda?* Recuperado el 3 de junio de 2023 de <https://academy.binance.com/es/articles/what-is-a-cryptocurrency>
- Bitcoin.es (25 de septiembre de 2019). *Bitex y Signatura anuncian acuerdo para usar blockchain en firma de contratos*. <https://bitcoin.es/actualidad/bitex-y-signatura-anuncian-acuerdo-para-usar-blockchain-en-firma-de-contratos/>
- Blockchain Federal Argentina (s.f.). *Bloques y transacciones*. <https://bfa.ar/blockchain/bloques-y-transacciones>
- Blockchain Federal Argentina (s.f.). *Brief - Blockchain Federal Argentina*. https://gitlab.bfa.ar/blockchain/docs/-/wikis/uploads/2f1ea2f0b7a40121dd273d30ef7090ee/Brief_BFA.pdf
- Blockchain Federal Argentina (s.f.). *Protocolos de consenso*. <https://bfa.ar/blockchain/protocolos-de-consenso>

- Cámara Argentina de la Construcción [CAMARCO] (s. f.). *Transparencia*.
<https://www.camarco.org.ar/transparencia/>
- Cámara Argentina de la Construcción [CAMARCO] (2 de junio de 2023). *Inicia el Relevamiento sobre digitalización en la construcción argentina*.
<https://www.camarco.org.ar/2023/06/02/inicia-el-relevamiento-sobre-digitalizacion-en-la-construccion-argentina/>
- Cammisa M., Erlij S. (s. f.). *Smart Construction: Transformación digital del sector*. Cámara Argentina de la Construcción. <http://www.camarco.org.ar/wp-content/uploads/2021/10/Smart-Construction-Transformacion-digital-del-sector.pdf>
- Carnes Validadas (s. f.). *Nuestros usuarios*.
https://www.carnesvalidadas.com/index_es.php#nuestros
- Clementín F. (7 de diciembre de 2022). *Argentina crea el Comité Nacional de Blockchain*. Criptonoticias. <https://www.criptonoticias.com/regulacion/argentina-crea-comite-nacional-blockchain/>
- Cointelegraph (s. f.). *¿Qué es la blockchain de Bitcoin? Una guía sobre la tecnología detrás de BTC*. <https://es.cointelegraph.com/learn/how-does-blockchain-work-a-beginners-guide-to-blockchain-technology>
- Díez D. (15 de octubre de 2020). *10 APLICACIONES DE BLOCKCHAIN PARA LA CONSTRUCCIÓN*. ITAINNOVA (Instituto Tecnológico de Aragón).
<https://www.itainnova.es/blog/industria-4-0/10-aplicaciones-de-blockchain-para-la-construccion/>
- Ethereum (s. f.). *¿QUÉ ES ETHEREUM?* <https://ethereum.org/es/what-is-ethereum/>
- Ethereum (15 de agosto de 2022). *LENGUAJES DE CONTRATO INTELIGENTE*. Recuperado el 3 de junio de 2023 de <https://ethereum.org/es/developers/docs/smart-contracts/languages/>
- Ethereum (1 de junio de 2023). *Introducción a los contratos inteligentes*. Recuperado el 3 de junio de 2023 de <https://ethereum.org/es/smart-contracts/>
- Heredia Querro, S. (2020). *Smart contracts : qué son, para qué sirven y para qué no servirán*. IJ Editores.
- Inmobiliare (28 de febrero de 2022). *5 Apps para hacer más eficiente la construcción*.
<https://inmobiliare.com/5-apps-para-hacer-mas-eficiente-la-construccion/>
- Interempresas (14 de febrero de 2022). *Blockchain para garantizar la trazabilidad de los productos de Nueva Pescanova*. <https://www.interempresas.net/Industria->

- Pescado/Articulos/379275-Blockchain-para-garantizar-la-trazabilidad-de-los-productos-de-Nueva-Pescanova.html
- IOV Labs (s. f.). *Acerca de IOV Labs*. <https://www.iovlabs.org/es/acerca-de-nosotros>
- iProUP (21 de noviembre de 2019). *Esta agtech argentina utilizará Blockchain para reducir la pérdida de alimentos y disminuir el riesgo productivo*.
<https://www.iproup.com/economia-digital/9266-app-cadena-debloques-Agtech-argentina-utilizara-Blockchain-para-reducir-laperdida-de-alimentos>
- iProUP (30 de marzo de 2021). *Agtech: una startup local incluye red de Blockchain a su sistema, con el apoyo de RSK*. <https://www.iproup.com/innovacion/21706-startup-argentina-incorpora-red-de-blockchain-con-apoyo-de-rsk>
- iProUP (31 de marzo de 2022). *AySA incorpora blockchain en un novedoso programa ecológico: ¿de qué se trata la iniciativa?* <https://www.iproup.com/innovacion/30532-aysa-crece-incorpora-blockchain-para-lanzar-programa-ecologico>
- Jimenez D. (14 de octubre de 2020). *Argentina utilizará tecnología Blockchain para rastrear documentos en plantas de energía nuclear*. Cointelegraph.
<https://es.cointelegraph.com/news/argentina-will-use-blockchain-technology-to-track-documents-in-nuclear-power-plants>
- Leal A. (18 de abril de 2023). *Algoritmos de Consenso: Prueba de Trabajo (PoW) vs. Prueba de Participación (PoS)*. Criptonoticias.
<https://www.criptonoticias.com/cryptopedia/algoritmos-consenso-prueba-trabajo-pow-prueba-participacion-pos/>
- Ledger Insights (19 de marzo de 2020). *Argentina to deploy blockchain for gas distribution*.
<https://www.ledgerinsights.com/blockchain-gas-distribution-argentina-gasnet-gasnor-enargas-rsk/>
- Ludus (18 de noviembre de 2022). *Tecnología de la construcción ¿Qué innovaciones revolucionarán al sector en 2023?* <https://www.ludusglobal.com/blog/tecnologia-de-la-construccion>
- Maldonado J. (7 de octubre de 2020). *Extrimian, la nueva compañía argentina para servicios de blockchain empresarial*. Bit2me CryptoNEWS. <https://news.bit2me.com/extrimian-la-nueva-compania-argentina-para-servicios-de-blockchain-empresarial>
- Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. www.bitcoin.org
- Organización Internacional del Trabajo (s.f.). *Construcción*.
<https://www.ilo.org/global/industries-and-sectors/construction/lang-es/index.htm>

- Pérez I. (s. f.). *RSK: plataforma de contratos inteligentes sobre Bitcoin*. Criptonoticias. <https://www.criptonoticias.com/criptopedia-old/rsk-plataforma-contratos-inteligentes-bitcoin-blockchain/>
- Peña A. (2 de noviembre de 2022). *Qué es Rootstock (RSK) y de qué manera puede potenciar a Bitcoin (BTC)*. A24. <https://www.a24.com/crypto/que-es-rootstock-rsk-y-que-manera-puede-potenciar-bitcoin-btc-n1055668>
- Preukschat, A., Kuchkovsky, C., Gómez Lardies, G., Díez García, D., Molero, I. (2017). *Blockchain. La revolución industrial de internet*. Grupo Planeta.
- Preukschat, A. (14 de febrero de 2017). *Hashcash*. Libro Blockchain. Recuperado el 15 de abril de 2023 de <https://libroblockchain.com/hashcash/>
- Producción Sustentable (s. f.). *Carrefour Argentina incorpora tecnología blockchain en sus cortes de carne Huella Natural*. <https://www.produccionsustentable.com/index.php/2021/07/27/carrefour-argentina-incorpora-tecnologia-blockchain-en-sus-cortes-de-carne-huella-natural/>
- Quirós F. (21 de marzo de 2019). *Qubistry demuestra en Latinoamérica el potencial que Blockchain puede alcanzar en votaciones y consultas populares*. Cointelegraph. <https://es.cointelegraph.com/news/qubistry-demonstrates-in-latin-america-the-potential-that-blockchain-can-achieve-in-popular-votes-and-consultations>
- Quirós F. (6 de julio de 2019). *Un municipio argentino lanza plataforma blockchain para vecinos y comercios, desarrollada por Koibanx*. Cointelegraph. <https://es.cointelegraph.com/news/an-argentine-municipality-launches-blockchain-platform-for-neighbors-and-businesses-developed-by-koibanx-with-rsk-technology>
- Quirós F. (20 de enero de 2020). *Una compañía de seguros de Argentina implementa billetera para su propio criptoactivo, RUS Coin*. Cointelegraph. <https://es.cointelegraph.com/news/an-argentine-insurance-company-implements-wallet-for-its-own-cryptoactive-rus-coin>
- RM Forwarding (25 de octubre de 2019). *50 puertos y terminales latinoamericanas en TradeLens*. <https://rm-forwarding.com/2019/10/25/50-puertos-y-terminales-latinoamericanas-en-tradelens/>
- Sheehan M. (28 de julio de 2022). *B3i fails to raise new capital, enters insolvency*. Reinsurance News. <https://www.reinsurancene.ws/b3i-fails-to-raise-new-capital-enters-insolvency/>
- Sierra Y. (26 de octubre de 2019). *Smart contracts: ejemplos, tipos y para qué sirven*. Lemontech Blog. https://blog.lemontech.com/smart-contracts/#Como_funcionan_los_smart_contracts

- Solidity (s.f.). *Introducción a los Contratos Inteligentes*. <https://solidity-es.readthedocs.io/es/latest/introduction-to-smart-contracts.html>
- Startupeable (21 de agosto de 2020). *Top 12 startups en Argentina para seguir en 2022*. <https://startupeable.com/startups-argentina/>
- Szabo N. (1994). *Smart Contracts*. <https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart.contracts.html>
- The Food Tech (16 de noviembre de 2020). *Carnes Validadas cuida la trazabilidad con Blockchain*. <https://thefoodtech.com/industria-alimentaria-hoy/carnes-validadas-cuida-la-trazabilidad-con-blockchain/>
- Trace Software (s.f.). *BIM, NIVELES DE MADUREZ*. <https://www.trace-software.com/es/bim-niveles-de-madurez/#:~:text=BIM%20nivel%20%20se%20describe,trabajan%20con%20el%20modelo%20compartido>
- Universidad de Alcalá (3 de junio de 2019). *Historia de los Smart Contracts*. <https://masterethereum.com/historia-smart-contracts/#:~:text=%C2%BFCu%C3%A1ndo%20surgieron%20los%20Smart%20Contracts,limitaciones%20tecnol%C3%B3gicas%20de%20ese%20momento>
- Zukerfeld M. (2020). *Blockchain en la construcción en Argentina*. Editorial Fodeco.