

**RETOS Y APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA BLOCKCHAIN EN EL
CONTEXTO JURÍDICO ACTUAL**



**TRABAJO DE GRADO PARA OBTENER EL TÍTULO
DE ABOGADO**

ESTUDIANTE
NICOLÁS HOYOS RESTREPO

DIRECTOR
CAMILO RAMÍREZ

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE CIENCIAS JURÍDICAS
BOGOTÁ D.C.

2023

Tabla de Contenidos

<i>Lista de figuras</i>	3
<i>Introducción</i>	5
<i>Capítulo 1</i>	8
1. Tecnología de Registro Descentralizado (DLT)	8
1.1 Blockchain. Generalidades.....	10
1.2 El hash o resumen.....	13
1.3 Criptografía asimétrica.....	16
1.4 Protocolos de consenso.....	17
1.5 Recapitulando.....	18
<i>Capítulo 2</i>	20
2. Smart Contracts	20
2.1 Funcionamiento.....	21
2.2 El concepto de Token y su relación con el Smart Contract.....	23
2.3 Visión del Smart Contracts desde un punto de vista jurídico.....	27
<i>Capítulo 3</i>	31
3. Posibles Aplicaciones de la Tecnología blockchain en Colombia	31
3.1 Sector del comercio internacional.....	31
3.2 Sector societario y financiero.....	40
3.3 Sector Notariado y Registro.....	51
<i>Capítulo 4</i>	54
4. Retos y reflexiones de la tecnología blockchain en Colombia	54
4.1 Retos actuales en la implantación de la tecnología blockchain en Colombia.....	54
4.2 Reflexiones finales y conclusión.....	56
<i>Referencias Bibliográficas</i>	58

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Una comparación entre las redes centralizadas, descentralizadas y distribuidas.	9
Figura 2. Estructura de la cadena de bloques.....	11
Figura 3. Calculadora de hashes.....	14

Resumen

El avance que ha tenido la tecnología blockchain en la última década ha permitido el desarrollo de un sin número de proyectos y ecosistemas capaces de impactar de un modo significativo la forma en como los seres humanos se relacionan, así, ha permitido la transformación de activos físicos a digitales, ha impactado en las transacciones internacionales moviendo activos a través de los *Smart Contracts*, ha contribuido al desarrollo de nuevas formas de financiación empresarial, entre otras. Estas nuevas dinámicas han propiciado un interés, cada vez más creciente, de la ciencia jurídica por comprender estos fenómenos, en aras de evitar malas prácticas por los agentes y de impulsar los beneficios que trae consigo este tipo de tecnología.

Palabras clave: blockchain, Contratos Inteligentes, Tokenización, Criptografía.

Summary

The advancement that blockchain technology has experienced in the last decade has enabled the development of countless projects and ecosystems capable of significantly impacting the way humans relate to each other. It has facilitated the transformation of physical assets into digital ones, influenced international transactions by moving assets through *Smart Contracts*, and contributed to the development of new forms of business financing, among other things. These new dynamics have spurred a growing interest from legal science in understanding these phenomena, aiming to prevent misconduct by agents and to drive the benefits that this type of technology brings with it.

Keywords: blockchain, *Smart Contracts*, *Tokenization*, *Cryptography*.

Introducción

Quizá la primera pregunta del lector sea: ¿cómo es posible abordar un tema de tecnología desde la ciencia jurídica, cuando es evidente que este tipo de temas pertenece, en su mayoría, a la ciencia de datos, a la ingeniería de sistemas, entre otros? Si bien es cierto que el funcionamiento, diseño, operatividad, programación y, en general, todo lo referente a la estructuración de la tecnología *blockchain* suele ser abordado por las ciencias de la computación, también es cierto que esta innovación tiene implicaciones sociales que afectan de algún modo a la vida de las personas. Además, dado que el derecho es el regulador y garante de las relaciones sociales pacíficas dentro de las comunidades, no puede ignorar el impacto que tiene la aplicación de estos tipos de tecnologías y sus derivados en la sociedad.

Desde sus inicios, la tecnología blockchain fue concebida como una tecnología disruptiva y revolucionaria, ya que, gracias a la criptografía, buscaba descentralizar la información y distribuirla en una red donde todos los participantes podían ser sujetos activos en la administración de su propia información y no depender de un tercero de confianza. Sin embargo, no fue hasta el proyecto de Satoshi Nakamoto titulado “*Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*”¹ donde esta tecnología alcanzó su máxima popularidad. Este proyecto puso en marcha la implementación de la red de pagos electrónicos llamada *Bitcoin*, que consistía en una red descentralizada que permitía a los actores de la red realizar pagos y transacciones con un *token* llamado *bitcoin*, que fungía como dinero real. Así, a partir de esta innovación, Satoshi hizo realidad los deseos del movimiento *CypherPunk*², excluyendo a bancos y entidades nacionales e internacionales del

¹ Satoshi Nakamoto. *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. Obtenido de Bitcoin.org (2008) 1-9. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>

² Se dice que el movimiento *CypherPunk* tuvo incidencia en el pensamiento de Satoshi Nakamoto, este tipo de pensamiento procuraba la libertad del individuo a través de la protección de la privacidad a través de la criptografía, así se demuestran en el llamado manifiesto *CypherPunk*, el cual se expresa en los siguientes términos: “Therefore, privacy in an open society requires anonymous transaction systems. Until now, cash has been the primary such system. An anonymous transaction system is not a secret transaction system. An anonymous system empowers individuals to reveal their identity when desired and only when desired;

dominio sobre el dinero. Ahora, el dinero, representado en tokens, residía en *Crypto Wallets* o carteras digitales, totalmente al margen de cualquier restricción gubernamental, anónimas e imposibles de rastrear y, además, respaldadas con criptografía.

Esto dio pábulo a la creación de numerosos portales en la web³ donde se compraban y vendían, entre otras cosas, drogas, armas, pornografía infantil y demás productos considerados ilegales en la mayoría de los estados liberales. Era la emancipación de los desadaptados y malhechores, pues podían acceder a una amplia gama de productos ilegales a unos pocos *clicks* y, siempre con la tranquilidad de usar la moneda “*Bitcoin*”, que aseguraba el total anonimato de las personas involucradas en la transacción. Adicional a esto, la red *Bitcoin* sirvió como coadyuvante para el lavado de activos y para el financiamiento del crimen organizado y del terrorismo a nivel mundial.

De este modo, queda de manera diáfana el interés por parte del derecho en regular esta clase de tecnología, para evitar que las malas prácticas se proliferen y, en cambio, canalizar los beneficios de la tecnología en pro del desarrollo de la sociedad en su conjunto. A pesar de la introducción controversial de la tecnología blockchain, actualmente se observa un gran número de aplicaciones orientadas a mejorar ciertos aspectos de la vida en sociedad, como los medios de pago a través de redes descentralizadas o la creación de criptomonedas. Incluso, la Comunidad Europea y los Estados Unidos han considerado la adopción del dólar digital⁴ y del euro digital⁵. Además,

this is the essence of privacy (...) Privacy in an open society also requires cryptography.” Eric Hughes *A Cypherpunk's Manifesto*, acceso 9 de agosto del 2023. <https://nakamotoinstitute.org/static/docs/cypherpunk-manifesto.txt>

³ Uno de los mayores portales web fue *Silk Road*, un Marketplace en línea, anónimo e internacional que operaba de manera oculta y que tenía la criptomoneda *Bitcoin* como medio de cambio, allí se podían comprar armas, drogas y demás. Para más información consultar: Nicolas Christin. *Traveling the Silk Road: A measurement analysis of a large anonymous online marketplace*. Work paper. Carnegie Mellon University, (2012). https://www.cylab.cmu.edu/files/pdfs/tech_reports/CMUCyLab12018.pdf

⁴ Reserva Federal de los Estados Unidos. *Central Bank Digital Currency (CBDC)*, acceso el día 9 de agosto del 2023. <https://www.federalreserve.gov/cbdc-faqs.htm>

⁵ El Banco Central Europeo y los bancos centrales nacionales de la zona del euro han empezado la fase de investigación del proyecto del euro digital en octubre de 2021. La investigación tiene como objetivo abordar cuestiones clave relacionadas con el diseño y la distribución del euro digital. Más información en el último informe del proyecto: Banco Central Europeo. *Progress on the*

Bitcoin ha sido adoptado por El Salvador⁶ y otros países como moneda de curso legal, también ha permitido la construcción de proyectos y herramientas como los *Smart Contracts*, concepto que se abordará más adelante.

En resumen, este trabajo busca ofrecer un panorama sobre la tecnología blockchain y sus aplicaciones, centrándose principalmente en lo que respecta a los smart contracts y los tokens, ya que estos conceptos son los que presentan mayores desafíos legales en la actualidad. Con ello, se pretende destacar las ventajas de esta tecnología y criticar lo que haya que vituperarse, desde un punto de vista especialmente jurídico. Para ello, es esencial entender primero el funcionamiento de la tecnología blockchain para comprender su objeto de estudio y, con esa base, abordar su regulación jurídica en Colombia.

investigation phase of a digital euro – fourth report, acceso el 9 de agosto del 2023. https://www.ecb.europa.eu/paym/digital_euro/investigation/governance/shared/files/ecb.degov230713-fourth-progress-report-digital-euro-investigation-phase.en.pdf?704b0eee4c20eee4dbe4970f5091a96a

⁶ Oscar López y Ephrat Livni. “El Salvador adopta el bitcoin y despierta críticas nacionales y la admiración de la comunidad de criptomonedas”, *New York Times*, 7 de septiembre de 2021, acceso el 9 de agosto del 2023. <https://www.nytimes.com/es/2021/09/07/espanol/bitcoin-el-salvador.html>

Capítulo 1

1. Tecnología de Registro Descentralizado (DLT)

En ocasiones los conceptos introducidos por las ciencias son percibidos como complejos y difíciles de aprehender debido, en gran medida debido al vocabulario empleado para explicarlos. Sin embargo, en ocasiones, su explicación resulta más sencilla de lo que, a *prima facie*, parece. Un ejemplo de ello es la tecnología de registro distribuido (*Distributed Ledger Technology* – DLT por sus siglas en inglés) concepto que puede parecer demasiado engorroso para ser mencionado en una tesis jurídica, pero que, a pesar de ello, se entiende con claridad incluso para quienes no están familiarizados con el tema.

Cuando se navega por Internet o se realiza cualquier búsqueda en línea, tanto las empresas como el Estado recopilan información de los usuarios con diversos propósitos: gustos, *hobbies*, preferencias políticas, entre otros. Esta información adquiere un valor inmenso, llegando a tener una relevancia significativa, por ejemplo, en el comercio mundial. No en vano se ha dicho que la información es el “nuevo petróleo”⁷. Dicha *data* recolectada debe ser almacenada en algún lugar para su uso posterior, y para estos propósitos se utilizan servidores. Originalmente, se empleaba un servidor principal que abastecía de información a toda la red, es decir, la información se encontraba centralizada. Esto representaba un problema considerable, ya que un ataque al servidor principal comprometía toda la data almacenada.

Entonces, ¿cómo se abordó este problema? Una solución fue descentralizar la información; aunque sigue siendo administrada por una única entidad, esta misma ya no reside únicamente en un servidor, sino que se distribuye entre varios servidores. Así, si uno falla, otro

⁷ Javier Murillo, “Los datos son el nuevo petróleo”, *Forbes México*, 6 de septiembre del 2021, acceso 10 de agosto 2023, <https://www.forbes.com.mx/red-forbes-los-datos-son-el-nuevo-petroleo/>

puede completar la solicitud sin comprometer la información. Sin embargo, esto requiere de una infraestructura robusta y un gasto de recursos importante. De hecho, muchas empresas de almacenamiento de información operan de esta manera hoy en día. Otra solución la ofrecen las redes *Peer To Peer* (P2P), que además de ser descentralizadas, son distribuidas. Esto significa que la información se encuentra dispersa en cada participante a través de la red, convirtiendo a cada usuario en un servidor y cliente



Figura 1. Una comparación entre las redes centralizadas, descentralizadas y distribuidas⁸.

Como se puede observar, de izquierda a derecha se distinguen los tipos de redes existentes. En la primera (centralizada) todos los ordenadores responden a un único servidor; en la segunda (descentralizada), aunque existe un servidor principal, hay otros servidores que pueden completar la solicitud de un usuario si la principal falla; y en la tercera (distribuido) la información está repartida en toda la red, funcionando como un todo. Cada servidor posee un fragmento de la información y, al necesitar acceder a ella, basta con recopilar los fragmentos localizados en los ordenadores de cada usuario de la red, también llamados *nodos*,⁹ y ensamblarlos como si fuera un rompecabezas, haciendo el proceso más seguro y eficiente.

⁸ P. Baran, "On Distributed Communications Networks," IEEE Transactions on Communications Systems 12, no. 1 (1964): 1–9, <https://doi.org/10.1109/TCOM.1964.1088883>

⁹ "Se trata de un registro distribuido, es decir, un Libro Mayor de contabilidad. Los datos contenidos en la blockchain van a registrarse, replicarse y sincronizarse en todos los nodos/ordenadores de la red." Eduardo de Celis Gutiérrez "Derechos fundamentales y tecnología blockchain." (Tesis doctoral, Universidad de León, 2020), 11,

Ahora, sabiendo qué significa la distribución de información, resta por determinar qué es un registro o *ledger*. Este no es más que una compilación de transacciones realizadas en una red determinadas, entendiendo transacción como cualquier cambio en la base de datos o transferencia de información¹⁰. No obstante, este *ledger* no es solo un registro, ya que de ser así, cualquiera podría modificarlo. Es aquí donde entran en juego los protocolos de validación y la criptografía, que son esenciales para determinar qué transacción cumple con los estándares para ser incluida en el registro y distribirse en la totalidad de la red. Estos son conceptos que se abordarán más adelante.

Con todo lo expuesto sobre las redes distribuidas y el *ledger* o registro, es fácil concluir que la tecnología de registro distribuido se define como aquella “infraestructura que permiten el acceso, la validación y la actualización de registros simultáneos en una base de datos en red”¹¹. En resumen, asegura la información, que comúnmente son transacciones, y permite distribuirla a través de una red de manera transparente e inmodificable. Esta es, evidentemente, la tecnología blockchain.

1.1 Blockchain. Generalidades.

Según Preukschat¹²:

<https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/14816/Celis%20Gutiérrez%2C%20Eduardo%20de.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

¹⁰ “Computer and data scientists developed programs that reduced the need for auditing data. These programs used automation and data encryption techniques to verify database transactions or changes in a database's state.” Jake Frankenfield. “Distributed Ledger Technology (DLT): Definition and How It Works”, 31 de mayo del 2023, acceso el 10 de agosto del 2023.

¹¹ *Ibidem*. Frankenfield., op. cit.

¹² Alex Preukschat, “Los fundamentos de la tecnología blockchain”, en blockchain *la revolución industrial del internet*, coordinado por Alex Preukschat (Barcelona: Grupo planeta, 2017) 14-21.

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.

Blockchain tiene como traducción literal “cadena de bloques”. A partir de esto, podemos comenzar a diseccionar el concepto “cadena” y “bloque” de manera individual. En relación con el primer concepto, cabe preguntarse ¿qué caracteriza a una cadena? Sin duda, su unión a través de eslabones que, entrelazados entre sí, forman su estructura. Entonces ¿qué sucedería si un eslabón se rompe? La cadena misma colapsaría o por lo menos se vería comprometida. Lo mismo ocurre con la blockchain: mediante *hashes*, los bloques anteriores se enlazan con los posteriores, al igual que los eslabones, asegurando que la información contenida sea inmodificable. Ahora bien, ¿qué es un bloque? Un bloque no es más que información o data agrupada en un espacio que contiene ciertos elementos que permiten que la red evalúe su validez. Para vislumbrar mejor este concepto, se puede apreciar la figura 2.



Figura 2. Estructura de la cadena de bloques

Como se observa en la figura anterior, la información que contiene un bloque suele estar compuesta, en parte, por la transacción que se efectuó o el conjunto de transacciones que tuvieron lugar en un determinado periodo de tiempo. También se incluye el *hash* del bloque actual y el hash del bloque anterior. Como se verá más adelante, los punteros hash permiten que los bloques se enlacen entre sí, asegurando su integridad. Hasta aquí se ha abordado lo que es una cadena y lo básico que encontramos en cada bloque dentro de las redes blockchain comunes, aún queda por mencionar el papel de la criptografía, un componente esencial en la cadena de bloques y responsable de la seguridad e integridad de las redes blockchain actuales. Pero ¿a qué nos referimos con este concepto propio de las matemáticas y la ciencia de datos? Según la doctora Medina¹³, se trata “de una herramienta de gran utilidad (...) que apunta hacia la seguridad de los datos y los documentos, para ello, utiliza códigos o claves que permiten almacenar información secreta (...)”.

Sería válido proponerse, en este punto, la siguiente situación: *A* quiere mandar un mensaje a *B*, sin embargo, *A* no quiere que nadie más conozca el contenido del mensaje y decide encriptarlo. Para ello, utiliza el método de encriptación más simple: las letras que conforman el mensaje tomarán el valor de la letra siguiente en el alfabeto, así la A se convierte en B, la B en C, y así sucesivamente. Entonces, el protocolo de encriptación deberá ser compartido con el receptor del mensaje para que pueda desencriptarlo, así “*ipmb*” podría parecer sin sentido, pero con la llave adecuada significa “*hola*”. Lo mismo ocurre con la blockchain: al realizar cualquier transacción dentro de la red, es indispensable contar con una llave pública y privada, ambas respaldadas por el concepto de criptografía asimétrica, que se abordará más adelante.

¹³ Lucy Noemy Medina Velandia, “Criptografía y mecanismos de seguridad.” *Fundación Universitaria del Área Andina*. (2017) <https://digitk.areandina.edu.co/bitstream/handle/areandina/1423/Criptograf%C3%ADa%20y%20mecanismos%20de%20seguridad.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Por lo tanto, a partir de los elementos mencionados (bloque, cadena y criptografía) se puede esbozar el concepto de la cadena de bloques de manera somera. La blockchain, en esencia, es una red compuesta por bloques de información enlazados entre sí mediante criptografía, atestiguando la inmutabilidad, transparencia y seguridad de la información que se transfiere a través de una red blockchain específica. Con esto claro, queda profundizar en cada concepto para comprender plenamente la blockchain.

Para entender el funcionamiento de este tipo de redes, es necesario abordar individualmente los conceptos de hash, criptografía asimétrica y protocolos de consenso. Al final de estas explicaciones, podremos comprender el concepto global y lograr una mejor comprensión del funcionamiento general de las redes blockchain.

1.2 El hash o resumen.

Según la doctora en informática Alicia Andrade, la función hash o resumen es “una función computable que obtiene, a partir de un mensaje M de tamaño variable, una representación de tamaño fijo del propio mensaje, $H(M)$, que se conoce como su resumen o hash. En definitiva, este valor es una representación compacta del mensaje de entrada.”¹⁴. O, para simplificar, “un hash es un algoritmo matemático al que se le puede dar una entrada, comúnmente denominada cadena, y devuelve una salida de longitud fija”¹⁵ Esa sería la teoría, pero observe cómo funciona en la práctica:

¹⁴ Alicia Lorena Andrade. “Características y aplicaciones de las funciones resumen criptográficas en la gestión de contraseñas” (Tesis doctoral, Universidad de Alicante, 2019), 27, https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/96849/1/tesis_alicia_andrade.pdf

¹⁵ María Isabel Rojo, blockchain: *fundamentos de la cadena blockchain* (España: Ra-Ma, 2019), 39-43.

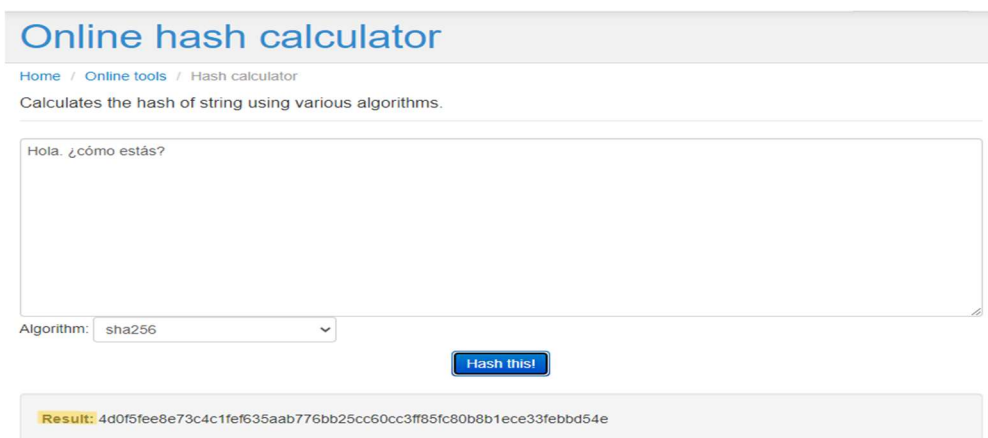


Figura 3. Calculadora de hashes¹⁶

En el ejemplo anterior se convirtió un “Hola. ¿cómo estás?” en un hash con el algoritmo denominado SHA-256, obteniendo como resultado:

“4d0f5fee8e73c4c1fef635aab776bb25cc60cc3ff85fc80b8b1ece33febbd54e”

Pero ¿qué sucedería si, en lugar de un punto después del “hola”, introducimos una coma, es decir, “Hola, ¿cómo estás?” ¿Cómo quedaría el hash?:

“ad500b0c49a76ec9484fa973766c85b8d5ee77b6e3c3ded56da1fa9d23d080cd”

De lo anterior, podemos concluir que, a partir de una entrada o cadena (en el ejemplo, “Hola. ¿Cómo estás?”), el hash o resumen nos genera una serie de número y letras (calculados en bits) determinada, dependiendo del tipo de algoritmo que utilicemos¹⁷. Asimismo, es válido concluir que el hash creado a partir de un mensaje es único y que la más mínima modificación cambia drásticamente el resultado, asegurando así la integridad del mensaje. Aunque no es una forma de cifrado, la función hash es fundamental en la blockchain, ya que permite que las cadenas de bloques se enlacen entre sí y garantiza la integridad de la información en cada bloque. Por lo

¹⁶ Para más información consultar la página web: https://www.tools4noobs.com/online_tools/hash/

¹⁷ Existen numerosos tipos de algoritmos de *hash*, esto dependerá del tamaño que se quiera en bits, los más conocidos son: md2, md4, md5, sha1, sha224, sha256, sha384, sha512, ripemd128, ripemd160, ripemd256, ripemd320, whirlpool, tiger128,3. Cabe resaltar que entre más largo sea un hash más resistente se hace a colisiones, es decir que se vuelve menos probable que se llegase a repetir. Derrick Rountree, “Cryptography”, en *Security for Microsoft Windows System Administrators*, ed. por Angelina Ward (Burlington: Elsevier, 2011) 29-69. <https://doi.org/10.1016/B978-1-59749-594-3.00002-8>.

tanto, es esencial analizar las características que deben tener los *hashes* para cumplir con éxito su función criptográfica¹⁸.

Por lo tanto, un hash es simplemente un resumen de un mensaje o de una información; a través de un algoritmo, se le asigna un valor aleatorio entre números y letras, lo que permite identificar el mensaje y otorgarle un alto grado de integridad. Sin embargo, surge una pregunta: ¿cuál es el papel de los hashes en una blockchain? Tienen diversos usos¹⁹; no obstante, el principal es su contribución como herramienta de la criptografía asimétrica, ya que garantiza que la información sea inalterable.

A pesar de que la función hash no es un método de encriptación es sí, la criptografía la considera fascinante, debido a propiedades como la resistencia a colisiones o la irreversibilidad; de hecho, la criptografía ha denominado a este tipo de funciones como funciones criptográficas, puesto que pueden ser utilizadas para diversos propósitos criptográficos, como la integridad en la protección de la información, firma digital y autenticación de mensajes²⁰. Así, la función hash, al cumplir todas las propiedades que la criptografía exige, se convierte en un insumo esencial para aumentar la seguridad dentro de la red y en una pieza clave en la arquitectura de la criptografía asimétrica.

¹⁸ Entre las funciones criptográficas se encuentran: i) Entrada de longitud indefinida, es decir que la longitud de un texto o cuantas paginas tenga es irrelevante a la hora de calcular el hash; ii) salida de longitud fija, por muy extenso que sea el texto siempre tendrá una misma longitud de salida, esto dependerá del algoritmo usado, para nuestro ejemplo empleamos el “SHA-256”; iii) fácil de calcular, debe ser fácil el método para generar el hash porque usualmente se generan miles por minuto, así que no debe ser complejo la asignación del hash; iv) resistencia a colisiones, así no pueden existir un hash igual con diferente entrada, es decir, “hola” y “hola!” no pueden tener el mismo hash, pues aquel debe ser único y; v) no reversible, nunca se podrá saber que cadena o mensaje origino ese hash, debido a la aleatoriedad del mismo. *Ibidem*. Rojo, op. cit., p. 41.

¹⁹ En redes blockchain que utilicen el árbol de Merkle como estructura información, los hashes adquieren una relevancia vital, pues permiten agrupar las transacciones y hace más eficiente la cadena, este tipo de estructuras es común en la red *Bitcoin*, para más información sobre el *Merkle Tree* y los hashes consultar: Haojun Liu et al., “Merkle Tree: A Fundamental Component of blockchains” (International Conference on Electronic Information Engineering and Computer Science (EIECS), 2021), <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9588047>

²⁰ Rolf Oppliger, *contemporary cryptography* (Norwood: Artech House, 2005), 24.

1.3 Criptografía asimétrica.

Al hablar de criptografía, se refiere a seguridad; históricamente, los métodos de cifrado se han utilizado para prevenir que agentes malintencionados extraigan información y para frustrar las intenciones de espías de descifrar mensajes. Desde tiempo antiguos, se ha recurrido a la criptografía; sin embargo, el auge de la matemática computacional ha sido especialmente beneficioso en este campo, ya que ha acelerado los métodos de encriptación, haciéndolos cada vez más seguros. Uno de estos métodos de encriptación es la criptografía asimétrica. La doctora Alicia Andrade²¹ se expresa de la criptografía asimétrica en los siguientes términos “La criptografía de clave pública o asimétrica (...) utiliza dos claves asociadas, una para cifrar y otra distinta para descifrar. Esta característica permite funcionalidades adicionales (...) la distribución de claves mediante un canal seguro y la firma digital.”

En la criptografía asimétrica, se manejan dos claves: una pública y otra privada; la primera se utiliza para cifrar mensajes y la segunda para descifrarlos. Si, por ejemplo, X desea enviar un mensaje secreto a Y, Y debe compartir primero su llave pública con X; cuando el mensaje cifrado es enviado, Y puede descifrarlo con su llave privada, garantizando la integridad del mensaje. Otro escenario sería si X desea firmar un documento y enviarlo a Y; X lo firma utilizando su llave privada y, al enviarlo, Y puede usar la llave pública de X para verificar que la firma realmente pertenece a X y no ha sido alterada.

La existencia de este juego de llaves es posible gracias a la relación matemática entre las llaves públicas y privadas²²; esto garantiza que, a partir de la llave pública, es prácticamente imposible deducir la llave privada, asegurando que solo el remitente y el destinatario conozcan la

²¹ Andrade. *Características y aplicaciones de las funciones resumen criptográficas...*, 23.

²² Gustavus J. Simmons, Symmetric and Asymmetric Encryption, *Computing Surveys Vol. 11* (2019): 318-322, https://www.princeton.edu/~rblee/ELE572Papers/CSurveys_SymmAsymEncrypt-simmons.pdf

información intercambiada²³. Por todo ello, este tipo de criptografía es fundamental en la arquitectura de las redes blockchain actuales.

La criptografía asimétrica tiene aplicaciones en diversos ecosistemas, incluido el blockchain. Al hablar de smart contracts, la criptografía de clave pública o asimétrica adquiere un papel crucial; al final del día, lo esencial es que el contrato sea firmado por las partes involucradas, dejando claro el acuerdo entre ellas. Por ejemplo, si Z desea realizar una compra internacional de mercancías con W, Z comparte su llave pública con W y viceversa, garantizando un canal seguro y cifrado para iniciar las negociaciones; una vez establecida la oferta y aceptación, ambos pueden firmar el contrato mediante sus firmas digitales, asegurando la autenticidad de las partes. Estas, entre otras, son las aplicaciones de la criptografía asimétrica en el ámbito legal; sin embargo, su relevancia será aún más evidente al abordar los *Smart Contracts* en detalle.

1.4 Protocolos de consenso

Cuando se mencionaron las redes *peer-to-peer*, se destacó que cada nodo o usuario de la red desempeña un doble papel en la arquitectura de las redes blockchain: como cliente y como servidor. En su función de servidor, el usuario debe seguir ciertas reglas para validar las transacciones que ocurren dentro de la red; por ejemplo, en la red blockchain de Bitcoin, Satoshi²⁴ establece ciertos pasos para gestionar la red. Estos pasos o reglas son conocidos como protocolos de consenso; existen diversos protocolos, pero los más populares actualmente son la prueba de

²³ “The construction of a public key cryptosystem is based on the idea of having a one- way function or trapdoor function. It is easy to implement a one-way function, but any computation of its inverse remains infeasible without a specific secret information.” Kanwal, S. “Asymmetric Cryptographic Schemes Based on Noncommutative Structures”. Tesis doctoral. Capital University of Science and Technology, Faculty of Computing, Department of Mathematics (2019), <https://cust.edu.pk/static/uploads/2019/08/PhD-Thesis-Shamsa-Kanwal-PhD-Maths.pdf>

²⁴ “i) Transacciones nuevas son emitidas a todos los nodos; ii) Cada nodo recolecta nuevas transacciones en un bloque; iii) Cada nodo trabaja en encontrar una prueba-de-trabajo difícil para su bloque; iv) Cuando un nodo encuentra una prueba-de-trabajo, emite el bloque a todos los nodos; v) Los nodos aceptan el bloque si todas las transacciones en el bloque son válidas y no se han gastado ya y; vi) Los nodos expresan su aceptación del bloque al trabajar en crear el próximo bloque en la cadena, utilizando el hash del bloque aceptado como el hash previo.” *Ibidem*. Nakamoto, op. cit., p. 3.

trabajo (Proof of Work o PoW) y la prueba de participación (Proof of Stake o PoS). Estos protocolos permiten que los nodos lleguen a un acuerdo sobre la validez de las transacciones en una red determinada, clasificando un bloque como válido o inválido; si es válido, se incluye en la blockchain, de lo contrario, se descarta. Sin embargo, esta decisión es tomada por los nodos de la red en cuestión.²⁵

Es esencial entender los dos protocolos más populares, PoW y PoS. El primero, utilizado principalmente por la red Bitcoin, consiste en realizar un trabajo computacional para determinar una condición necesaria para que un bloque sea considerado válido; este proceso implica resolver un complejo rompecabezas criptográfico²⁶ que requiere un esfuerzo computacional significativo. Por otro lado, la prueba de participación (PoS) no necesita un trabajo computacional intensivo; en este consenso, el nodo con más tokens tiene más probabilidades de agregar un nuevo bloque a la cadena. Por ejemplo, si P posee el 10% de los tokens de una red, tiene un 10% de probabilidad de agregar un nuevo bloque. Ambos protocolos, tras cumplir sus funciones en la red, reciben una recompensa por su trabajo, ya sea en forma de criptomoneda o algo similar.

1.5 Recapitulando

Una vez concluido el repaso por el concepto general de la tecnología blockchain, sus alcances, su estructura y funcionamiento. Es válido entrar a profundizar sobre dos conceptos básicos y de importancia cardinal para el desarrollo de este trabajo, el concepto de smart contract y de token, puesto que estos conceptos marcarán el derrotero a la hora de analizar los posibles

²⁵ “In the blockchain network, the consensus mechanism is a set of rules designed to guarantee that all participants adhere to the same set of rules. The protocol ensures that each participant’s consent is used to carry out transactions to the distributed ledger.” Akbar, N.A.; Muneer, A.; ElHakim, N.; Fati, S.M. Distributed Hybrid Double-Spending Attack Prevention Mechanism for Proof-of-Work and Proof-of-Stake blockchain Consensuses. *Future Internet* 2021, 13, 285. <https://doi.org/10.3390/fi13110285>.

²⁶ Lepore, Cristian, Michela Ceria, Andrea Visconti, Udai Pratap Rao, Kaushal Arvindbhai Shah, and Luca Zanolini. 2020. "A Survey on blockchain Consensus with a Performance Comparison of PoW, PoS and Pure PoS" *Mathematics* 8, no. 10: 1782. <https://doi.org/10.3390/math8101782>.

beneficios que pueden tener este tipo de tecnologías basadas en la tecnología blockchain en el derecho y en la sociedad general.

Capítulo 2

2. Smart Contracts

Con el devenir de los años, el derecho y la institución del contrato específicamente, ha evolucionado del formalismo a la convención; basta con recordar la *confarrateo* o la *mancipatio*, formas de contratación que antaño exigían solemnidades casi sacramentales, y compararlas con las relaciones contractuales actuales; indudablemente, se concluirá que la solemnidad, que antes fungía como la regla en las relaciones jurídicas, ha pasado a ser la excepción y que la consensualidad se ha convertido en el factor común de las relaciones sociales cotidianas o por lo menos eso es lo que se ha pretendido por las sociedades modernas.

Este cambio no ha surgido por casualidad; es una consecuencia natural del dinamismo del comercio que, junto con un avance tecnológico exponencial, ha planteado diversos desafíos a las instituciones jurídicas y al derecho, exigiendo respuestas más ágiles ante los fenómenos emergentes de la dinámica comercial. Uno de estos fenómenos son los smart contracts; Buterin²⁷ los ha definido como un “sistema que automáticamente mueve activos digitales según reglas arbitrarias preespecificadas” o como “un protocolo transaccional computarizado que ejecuta los términos de un contrato”²⁸. De esta definición, se destacan aspectos como la autoejecutabilidad y la descentralización.

²⁷ “Systems which automatically move digital assets according to arbitrary pre-specified rules.” Vitalik Buterin. “Ethereum White Paper: A Next Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform”. (2014): 1. https://ethereum.org/669c9e2e2027310b6b3cdce6e1c52962/Ethereum_Whitepaper_-_Buterin_2014.pdf

²⁸ Szabo, N. “Formalizing and Securing Relationships on Public Networks.” (1997) First Monday, 2 (9). doi: <https://doi.org/10.5210/fm.v2i9.548> citado por Juan Pablo Valencia-Ramírez. “Derecho, tecnología e innovación: blockchain y contratos inteligentes” RITI Journal, Vol. 8, 16 (Julio-diciembre 2020). doi: <https://doi.org/10.36825/RITI.08.16.005>

2.1 Funcionamiento

Es esencial saber que un *Smart Contract* se estructura en un lenguaje de programación, ya sea Python, Java o el más utilizado para estos desarrollos, Solidity; su diseño permite establecer instrucciones booleanas (Verdadero o Falso) sobre lo pactado. Así, al programar un *Smart Contract*, se establecen reglas condicionales que, al cumplirse, desencadenan una acción determinada, independientemente de la voluntad de las partes. Un ejemplo sería: “una aseguradora desarrolla un producto de seguro de vuelo que automáticamente compensa al asegurado si el vuelo se retrasa dos horas”²⁹, en este caso, el contrato inteligente opera con condicionales, y si el vuelo se retrasa dos horas, el algoritmo valida la condición, y se realiza automáticamente la transferencia del dinero, eliminando la necesidad de un intermediario que verifique el hecho generador de la obligación.

En cuanto a su operatividad, Sebastián Heredia³⁰, citando a Bourque, afirma que los Smart Contracts permiten:

verificar si una parte tiene derecho a disponer determinados activos (*on-chain* y *off-chain*), ejecutar acciones según se requiera, automatizarlas, responder a preguntas de las partes, ser revisado, modificado, terminado, o borrado, si las partes acuerdan tal flexibilidad futura al momento de programarlo. Señala Bourque que lo nuevo y disruptivo es que se

²⁹ Stuart D Levi, y Alex B. Lipton. “An Introduction to Smart Contracts and Their Potential and Inherent Limitations.” *Harvard Law School Forum on Corporate Governance*, (mayo 26 del 2018). <https://corpgov.law.harvard.edu/2018/05/26/an-introduction-to-smart-contracts-and-their-potential-and-inherent-limitations/>

³⁰ Sebastián Heredia Querro. “Smart Contracts: Qué son, para qué sirven y para qué no servirán? (Smart Contracts: What Are They? What Can Be Done with Them and What Cannot Be Done with Them?)” 1a ed. (Ciudad Autónoma de Buenos Aires: IJ Editores, 2020), 126. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3875645>

combinan, por un lado, el contrato, sus términos y, por otro, la ejecución del contrato, en un único lenguaje.

Al programar un contrato inteligente, surgen desafíos al determinar el cumplimiento de una obligación; es sencillo establecer plazos en contratos de ejecución instantánea, como en una compraventa. Sin embargo, es más complejo cuando el contrato depende de una condición para su existencia o terminación, como podría ser la tasa de cambio o el precio de un activo. En estos casos, se requiere la constante supervisión de una de las partes o la intervención de un oráculo imparcial, lo que presenta retos significativos.

El concepto de oráculo ha sido definido como “Un programa de computación que opera de manera separada al código de un *Smart Contract*, y que recopila o tiene acceso a información off-chain, es decir, que no se encuentra en la blockchain, y la ponen a disposición del *Smart Contract*, para confirmar si las partes han cumplido lo pactado, o no.”³¹ Sin embargo, este concepto puede comprometer la descentralización que caracteriza a la blockchain, ya que las partes delegan en un tercero la decisión sobre el cumplimiento de una condición, lo que implica una responsabilidad significativa de los oráculos.

El funcionamiento de un *Smart Contract* es lógicamente comprensible, ya que son líneas de código diseñadas para ejecutar acciones previamente acordadas por las partes en una relación jurídica. Sin embargo, el verdadero desafío para el ámbito jurídico es el objeto que se transfiere dentro de un *Smart Contract*, conocido como “token”, que es esencialmente el activo que otorga relevancia al contrato inteligente.

³¹ *Ibidem*. Heredia, op. cit., p. 127.

2.2 El concepto de Token y su relación con el Smart Contract

Según el *Black's Law Dictionary* un token es “una señal o marca: una evidencia material de la existencia de un hecho”³². Siguiendo esta definición, cualquier representación de un activo o derecho es un token; un título de propiedad, un pagaré, una acción, cualquier cosa que pueda ser representada por un instrumento puede ser un token. Este proceso de representación se conoce como Tokenización y tiene aplicaciones en diversas áreas del derecho.³³

Al abordar este concepto, se suele utilizar un símil: al entrar a un casino, se cambia dinero por fichas que son aceptadas en cualquier juego del establecimiento. Fuera del casino, esas fichas carecen de valor, pero dentro representan una cantidad específica de dinero. De manera similar funciona la Tokenización, buscando representar un activo con una herramienta más fácil de manejar e intercambiar.

Todo puede ser un token: dinero, bienes inmuebles, acciones, pagarés, certificados de depósito de mercancías, e incluso obras de arte, música y videos (conocidos como Non-Fungible tokens o NFTs). Actualmente, además de representar un activo subyacente, el token está vinculado a una red blockchain, lo que permite una participación activa de los usuarios, mayor eficiencia, menores esfuerzos administrativos y bajos costos de transacción.³⁴

³² “A sign or mark; material evidence of the existence of a fact. Thus, cheating by “false tokens” implies the use of fabricated or deceitfully contrived material objects to assist the person’s own fraud and falsehood in accomplishing the cheat. See *State v. Green*, 18 N. J. Law, 181; *State v. Middleton*, Dud. (S. C.) 285; *Jones v. State*, 50 Ind. 476.” *Token*, Black’s Law Dictionary (11th ed. 2019). <https://thelawdictionary.org/token/>

³³ “There is already law around the idea of tokenization. While not always referred to by this name, doctrinal tokenization has been happening for many centuries. Specifically, legal concepts have developed to recognize that a single thing can be configured to represent rights, such as property rights, in something else. The following furnishes the bedrock examples of doctrinal tokenization: the law of negotiable instruments, the law of securities, the law of deeds, and the law of bills of lading.” Juliet M. Moringiello; Christopher K. Odinet, “The Property Law of Tokens,” *Florida Law Review* 74, no. 4 (July 2022): 607-670

³⁴ H S H Prince Michael von und Zu, Liechtenstein. “The Tokenization of Assets and Property Rights.” *Trusts & Trustees* 25, no. 6 (07, 2019): 630-632. doi: <https://doi.org/10.1093/tandt/ttz051>

Debido al uso creciente de los tokens en transacciones cotidianas, algunos sistemas legales ya los consideran formas de propiedad. Un ejemplo es el caso *Bragg v. Linden Research, Inc*³⁵, en donde el demandante interpuso una reclamación por cuanto el pedazo de “tierra virtual” que había adquirido en una plataforma digital junto con sus criptomonedas habían sido confiscadas por *Linden Research, Inc*, la Corte resolvió que existe derecho de propiedad en la compra de bienes digitales y que en estas plataformas se podían comprar desde carros hasta bienes inmuebles y que por el simple hecho de ser bienes digitales no cercenaba la naturaleza patrimonial del derecho. En otras ocasiones la *Security and Exchange Commission* (SEC) ya ha dejado claro que la oferta de criptomonedas y de tokens, en su mayoría, deben ser reguladas por la ley federal de valores (*U.S. federal securities laws*) por cuanto, generalmente este tipo de activos cumple con el *test* ideado por la Suprema Corte de los Estados Unidos llamado “*Howey Test*”³⁶

No solo Estados Unidos ha abordado el tema de los tokens; países como España, Rusia, Reino Unido y Suiza también han avanzado en la materia. En este mismo comunicado de la Comisión Nacional del Mercado de Valores Español (CNMV) y el Banco de España (BCE)³⁷ se distinguen entre:

La emisión propiamente dicha de criptomonedas (Initial Coin Offerings – ICOs–) y la emisión de “derechos de diversa naturaleza” denominados

³⁵ “In light of Linden's recognition of intellectual property rights and the interactive nature of the platform, Second Life avatars could "buy, own, and sell virtual goods ranging 'from cars to homes to slot machines. Most significantly for this case, avatars could purchase "virtual land." *Bragg v. Linden Research, Inc.*, 487 F. Supp. 2d 593, 600 (E.D. Pa. 2007)

³⁶ The U.S. Supreme Court's *Howey* case and subsequent case law have found that an “investment contract” exists when there is the investment of money in a common enterprise with a reasonable expectation of profits to be derived from the efforts of others. The so-called “*Howey test*” applies to any contract, scheme, or transaction, regardless of whether it has any of the characteristics of typical securities.

³⁷ Banco de España. “Comunicado conjunto de la CNMV y del Banco de España sobre criptomonedas y ofertas iniciales de criptomonedas (ICOs).” Comisión Nacional del Mercado de Valores 4. (febrero 8 de 2018)
<https://www.cnmv.es/loultimo/NOTACONJUNTAriptoES%20final.pdf>

tokens o vales. A su vez, los reguladores españoles ya introducen una clasificación esencial de los tokens en (1) **security tokens**, que reconocen un derecho a participar en futuros ingresos o en la plusvalía de la entidad emisora, y (2) **utility tokens**, que se limitan a dar acceso a un servicio, o conferir el derecho a recibir un producto, con la posibilidad o no de negociar estos tokens en mercados secundarios.

Los suizos³⁸, en cambio, consideran que existe otra clasificación de token:

- i) **Los Payment Tokens**, lo que es en la práctica las criptomonedas, es decir un token que su funcionalidad se agota en servir de medio de pago;
- ii) **Utility Token**, los cuales permiten acceder a bienes o servicios digitales y;
- iii) **el Asset Token**, el cual representa un activo “que puede ser físico (off-chain), participaciones en sociedades, o en flujos de fondos generados por emprendimientos, instrumentos de renta fija, o en general, situaciones jurídicamente análogas.

Debido al uso recurrente que los tokens han tenido en las nuevas economías, hoy se discute un nuevo concepto denominado “Token economics”³⁹, que consiste en un ecosistema transaccional

³⁸ “In these guidelines, FINMA provides market participants with information on how it will deal with enquiries regarding the supervisory and regulatory framework for ICOs. The guidelines specify the information required by FINMA to process enquiries from market participants and also set out the principles on which FINMA will respond to them.” Swiss Financial Market Supervisory Authority (FINMA). “For enquiries regarding the regulatory framework for initial coin offerings (ICOs)” (16 de febrero del 2018) 1-11.

³⁹ “The token economy is a form of decentralized digital economy with the support of blockchain. In the token economy, the responsibility, rights, and interests in the real economy can be solidified on the blockchain to form true digital commitments with consensus, tamper resistance, traceability and verification.” Zhao, Huawei, Wei Cui, Shouwei Li, and Ruzhi Xu. “Token Economy: A New Form Economy with Decentralized Mutual Trust and Collective Governance.” 2019 IEEE 14th International

anclado a la blockchain. Este ecosistema facilita el libre mercado de activos digitales, dinamizando y optimizando la transferencia de bienes físicos entre los agentes comerciales. Es en este contexto donde el concepto de Token y smart contract convergen. Un ambiente propicio para el desarrollo de economías basadas en Tokens necesita ciertas condiciones esenciales para su éxito. Por ello, es indispensable contar con un instrumento, el smart contract, que ejecute la transacción; un ambiente, la blockchain, que garantice una transferencia segura y rápida; y un medio, el token, que facilite la transferencia. Con estos elementos, se puede concebir un entorno comercial óptimo para este tipo de activos digitales.

Imagine un proyecto inmobiliario que requiere financiamiento para construir 50 condominios. La inmobiliaria podría emitir una cantidad determinada de Q tokens, que representarían una participación en el proyecto. Las personas interesadas en invertir en el proyecto aportarían su dinero a cambio de una cantidad específica de tokens. Posteriormente, se programaría un smart contract que, una vez vendidas todas las unidades, distribuiría los beneficios proporcionalmente según la cantidad de tokens que posea cada inversor, automatizando y garantizando la distribución de las ganancias. Este ejemplo ilustra la interacción entre los smart contracts y los tokens para llevar a cabo un proyecto de inversión. Las posibilidades de aplicación de estos conceptos son vastas.⁴⁰

En este escenario, la función principal del smart contract es ejecutar o llevar a cabo una acción. Sería innecesario, por ejemplo, crear un smart contract para tratar normas de conflicto en un contrato internacional o para definir términos, ya que esto representaría un gasto de recursos superfluo. Lo que se busca es agilizar el proceso, reducir costos de transacción y facilitar la

Symposium on Autonomous Decentralized System (ISADS), Autonomous Decentralized System (ISADS), 2019 IEEE 14th International Symposium On, April 1, 2019, 1–7. doi:10.1109/ISADS45777.2019.9155592.

⁴⁰ X. Cheng and J. Julaiti, "Smart Contract Applications within blockchain Technology: A Systematic Mapping Study," 2022 7th International Conference on Cyber Security and Information Engineering (ICCSIE), Brisbane, Australia, 2022, pp. 33-39, doi: 10.1109/ICCSIE56462.2022.00016.

transferencia de activos de manera eficiente, transparente y segura. Por esta razón, tanto el token como el smart contract son esenciales en el proceso conocido como tokenización de la economía o “token economics”.

2.3 Visión del Smart Contracts desde un punto de vista jurídico

El concepto de Smart Contract presenta un problema semántico; consiste en el empleo de la palabra “contrato” (Contract) como parte del término. Esto puede llevar a pensar, en el común de las personas, que se está ante una nueva tipología de contrato, similar al contrato de mutuo, permuta o venta. Sin embargo, cuando Szabo acuñó este término en 1994, no tuvo la intención de crear una nueva tipología de contrato; su enfoque se centró en el uso del Software y Hardware para que varias cláusulas comunes en los contratos tradicionales, como garantías, seguros o indemnizaciones, fueran automatizadas.⁴¹ Debido a esta función, es necesario alinear al smart contract con algunos conceptos jurídicos.

Según el ordenamiento jurídico colombiano, el contrato es “un acuerdo de voluntades en donde una parte se obliga a hacer, no hacer o dar alguna cosa,”⁴²; de igual manera, el Código de Comercio lo define como “el contrato es un acuerdo de dos o más partes para constituir, regular o extinguir entre ellas una relación jurídica patrimonial.”⁴³ De estas definiciones, se extrae una idea central: la mera voluntad de las partes para comprometerse en una relación obligacional es, por regla general, la creadora del contrato; por ejemplo, cuando el comprador y el vendedor acuerdan sobre el objeto de venta y el precio a pagar, el contrato de compraventa se perfecciona en ese

⁴¹ “The basic idea behind smart contracts is that many kinds of contractual clauses (such as collateral, bonding, delineation of property rights, etc.) can be embedded in the hardware and software we deal with, in such a way as to make breach of contract expensive (if desired, sometimes prohibitively so) for the breacher.” *Ibidem*. Szabo, N, op. cit., p.1

⁴² Ley 84/1873, de mayo 31 “Código Civil de los Estados Unidos de Colombia.” (Colombia). Diario Oficial No. 2.867 de 31 de mayo de 1873. Artículo 1495.

⁴³ Decreto 410/1971, de marzo 27 “Por el cual se expide el Código de Comercio.” (Colombia). Diario Oficial No. 33.339 del 16 de junio de 1971. Artículo 864.

instante⁴⁴. No obstante, aunque la mera voluntad sea la creadora de la relación contractual, en los contratos solemnes y reales⁴⁵ no predomina este principio; en estos contratos, además de la voluntad, se requieren requisitos adicionales para su validez o existencia, como en la compraventa de bienes inmuebles.

Adicionalmente, según la ley, no toda declaración de voluntad es apropiada para producir efectos jurídicos, ya sea porque se ha pactado en contra de leyes que protegen el orden y las buenas costumbres, o porque no se ha observado un requisito formal que la ley exige para la validez o existencia de los negocios jurídicos.⁴⁶ Ahora bien, no cabe duda de que en el derecho actual la voluntad juega un papel preponderante como constituyente de relaciones jurídicas. Al respecto dice Arrubla⁴⁷:

En efecto, si la ley en toda declaración de voluntad en el ámbito privado, cuando se encamina a un fin lícito, vincula jurídicamente al declarante, sin ser necesario que previamente la ley determine el fin, como consecuencia lógica se presenta el reconocimiento a la misma libertad en la manera de elegir los medio para manifestar esa voluntad

Por lo tanto, es evidente que en Colombia prevalece la libertad de forma en la configuración de la relación jurídica, ya que la ley otorga libertad a las partes para definir el contenido de sus declaraciones de voluntad. Este principio de consensualidad no solo rige en Colombia, sino

⁴⁴ “La venta se reputa perfecta desde que las partes han convenido en la cosa y en el precio.” *Ibidem*. Código civil, op. cit., Art 1857.

⁴⁵ “El contrato es real cuando, para que sea perfecto, es necesaria la tradición de la cosa a que se refiere; es solemne cuando está sujeto a la observancia de ciertas formalidades especiales, de manera que sin ellas no produce ningún efecto civil; y es consensual cuando se perfecciona por el solo consentimiento.” *Ibidem*. Código civil, op. cit., Art 1500.

⁴⁶ *Ibidem*. Código civil, op. cit., Art 1741.

⁴⁷ Arrubla, Paucar. J. A. *Contratos mercantiles: Teoría general del negocio mercantil*. (Bogotá: Ed. Legis, 2012), 36.

también en la mayoría de los Estados liberales. Basta con revisar la Convención de Naciones Unidas de 1980 sobre Contratos de Compraventa Internacional de Mercadería⁴⁸, al Uniform Commercial Code (UCC)⁴⁹ o los Principios Unidroit⁵⁰ para determinar que el derrotero de las relaciones jurídicas locas e internacionales es, por regla general, la consensualidad.

Como consecuencia natural de las afirmaciones anteriores, es totalmente plausible, desde un punto de vista jurídico, la utilización de los smart contracts en las declaraciones de voluntad. Basándose en el principio de libertad de forma y consensualidad, las partes son libres de determinar cómo plasmar su voluntad y estructurar su relación obligacional; esto es esencial para cumplir con la carga de legalidad⁵¹ que tienen las partes al establecer el contenido de sus acuerdos y la forma de ejecutarlos. Por ello, la implementación del contrato inteligente no representa un problema.

Así, el smart contract no se presenta como un contrato, en términos jurídicos, sino como una herramienta para la ejecución de algunas obligaciones de un contrato previamente acordado, sin demeritar que puedan existir cláusulas autoejecutables que sean objeto de evaluación jurídica en un eventual litigio. Sin embargo, la situación puede variar cuando se trata de un contrato que requiere la tradición del bien o algún requisito ad substantiam actus para su perfección; en estos casos, se deben cumplir requisitos adicionales para la existencia o validez del acto. Con esto en

⁴⁸ “El contrato se perfeccionará en el momento de surtir efecto la aceptación de la oferta conforme a lo dispuesto en la presente Convención.” Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional (CNUDMI). “Convención de las Naciones Unidas sobre los Contratos de Compraventa Internacional de Mercaderías” (New York, 2011) Artículo 23. <https://uncitral.un.org/sites/uncitral.un.org/files/media-documents/uncitral/es/v1057000-cisg-s.pdf>

⁴⁹ Contract, as distinguished from "agreement", means the total legal obligation that results from the parties' agreement as determined by the Uniform Commercial Code as supplemented by any other applicable laws. United States of America. Public Law 88-243 “To enact the Uniform Commercial Code for the District of Columbia, and for other purposes” December 30, 1963. § 28:1-201 (11).

⁵⁰ “Las partes son libres para celebrar un contrato y para determinar su contenido.” Instituto Internacional para la Unificación del Derecho Privado. “Principios Unidroit sobre los contratos comerciales internacionales.” (Roma: Editado por Unidroit, 2018) ISBN: 978 - 88 - 86449 - 39 – 7. Artículo 1.1. <https://www.unidroit.org/wp-content/uploads/2021/06/Unidroit-Principles-2016-Spanish-i.pdf>

⁵¹ “Las cargas de legalidad se compendian en la necesidad, que a la parte incumbe, de utilizar medios idóneos para la integración del supuesto de hecho legal del negocio. Tales, la de observar una forma necesaria con función constitutiva.” Fernando Hinestroza, “Función, límites Y Cargas De La autonomía Privada.” *Revista de derecho Privado*, n.º 26 (2014):5-39. <https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/derpri/article/view/3794>.

mente, se pueden imaginar ejemplos futuros: la venta de un bien inmueble, donde el contrato solo se perfeccionaría cuando el smart contract envíe el NFT representativo del derecho de dominio al comprador y este código sea anclado a la blockchain de la Secretaría de Notariado y Registro, actuando como escritura pública; así, una vez cumplidas estas condiciones, se perfeccionaría el contrato de compraventa mediante un smart contract.

Este ejemplo, entre muchos otros, muestra las posibles aplicaciones de los smart contracts en la economía. Esta herramienta tiende a favorecer y dinamizar el comercio existente, impactando positivamente el mercado interno y regional. Por ende, es esencial analizar algunas aplicaciones que estas tecnologías están teniendo en el mundo y adaptarlas a la realidad colombiana, para aprovechar los beneficios que la adopción de estas técnicas podría aportar a la economía nacional.

Capítulo 3

3. Posibles Aplicaciones de la Tecnología blockchain en Colombia

De acuerdo con lo expuesto a lo largo de este escrito, se observa cómo la tecnología blockchain es rica en aplicaciones; por ello, en este capítulo se busca explorar las áreas donde esta tecnología podría tener un impacto considerable en Colombia, teniendo siempre en cuenta la regulación jurídica correspondiente en cada área específica. En este capítulo, se proponen ciertas aplicaciones de la tecnología blockchain; estas no son etéreas o aspiracionales, sino que se basan en experiencias internacionales y en el marco jurídico colombiano actual.

3.1 Sector del comercio internacional

Las economías de los países se sustentan en el comercio; a mayor dinamismo comercial, más próspero es el país, ya que las personas satisfacen sus necesidades básicas de forma más eficiente. En una sociedad donde el comercio internacional es escaso, las ventajas son limitadas; como afirmaba Mankiw sobre la relación económica entre Estados Unidos y otros países: “Los japoneses, franceses, egipcios y brasileños son tanto nuestros socios como nuestros competidores en la economía mundial.”⁵². El libre comercio permite disfrutar de una variedad de productos a precios que son inversamente proporcionales al dinamismo del comercio; es decir, a mayor comercio, menor es el precio por unidad adquirida.

En lo que atañe a la regulación existente en el ámbito del comercio internacional, se puede decir que presenta ciertas problemáticas, pues esta “carece de una regulación uniforme y definida

⁵² “Así, resulta evidente que las familias ganan mucho al comerciar unas con otras, ya que este intercambio promueve la especialización. El comercio permite a cada persona especializarse en las actividades que mejor realiza, ya sea cultivar el campo, coser o construir casas. El comerciar permite a las personas comprar una mayor variedad de bienes y servicios a un menor precio.” Gregory Mankiw. “Principios de economía”, Harvard University, 6. Ed. Traducido por Ma. Guadalupe Meza y Staines Ma. del Pilar Carril Villarreal. (Santa fe: Cengage Learning Editores, 2012) p. 10.
<https://clea.edu.mx/biblioteca/files/original/bd2711c3969d92b67fcf71d844bcbaed.pdf>

debido a la incapacidad de los Estados para reaccionar ante el nuevo entorno económico y jurídico”⁵³ Lo que ha derivado en la existencia de un número importante de fuentes, aquellas que se han catalogado por la doctrina como *Hard Law* y *Soft Law*, La primera, el *hard law*, relacionado con los tratados, las cuales se materializan en reglas que tienen fuerza coercitiva, usualmente emanadas de autoridades investidas para tales fines, como las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, los países, entre otros. Se suele decir que los principales instrumentos de *Hard Law*⁵⁴ son:

La Convención de Naciones Unidas de 1980 sobre Contratos de compraventa Internacional de mercaderías, las Convenciones sobre Factoring y Leasing Internacional de Ottawa de 1988, y la Convención de Nueva York de 1958 sobre el Reconocimiento y ejecución de laudos proferidos en el extranjero, entre otros

En cambio, respecto al concepto de *Soft Law*, se ha dicho que aquellas reglas no son vinculantes ni obligatorias, pero ayudan a interpretar y a darle forma al *Hard Law*. Ejemplos típicos de este tipo de reglas son: la Ley Modelo de CNUDMI de 1985 sobre el Arbitraje Comercial Internacional, los Principios Unidroit 1994-2004 aplicables a los Contratos Comerciales Internacionales, los INCOTERMS, la Guía Legal CNUDMI en Transacciones de Comercio compensatorio Internacionales, entre otros. Las consideraciones que trae consigo el *Soft Law* se basan en el principio de la buena fe y libertad, pues a pesar de que tales disposiciones tengan poca

⁵³ Maximiliano Fernández Rodríguez. “Introducción al Derecho Comercial Internacional”: Universidad Externado de Colombia, 2016. Digitalia, <https://www.digitaliapublishing.com/a/68746>

⁵⁴ *Ibidem*. Maximiliano, op. cit., p. 347

o nula fuerza vinculante como el *Hard Law*, “en diversas ocasiones reflejan el estado del desarrollo de normas consuetudinarias o son la base de tratados futuros e incluso (...) generan expectativas de comportamiento”⁵⁵.

A pesar de la variedad de fuentes, la Convención de Naciones Unidas de 1980 es esencial en temas de contratación internacional, ratificada en Colombia con la ley 518 de 1999. Allí se regula desde la oferta o propuesta de llevar a cabo el negocio, hasta la culminación de este. Pese a ello, parece que la finalidad de la convención no ha podido encontrar el suficiente asidero en Colombia por estas épocas, pues se encuentra truncado por un regreso al formalismo.⁵⁶ Se debe, pues, recordar que la finalidad de la convención fue “prever un régimen moderno, uniforme y equitativo para los contratos de compraventa internacional de mercancías, por lo que contribuye notablemente a dar seguridad jurídica a los intercambios comerciales y a reducir los gastos de las operaciones”.⁵⁷

De acuerdo con lo expuesto, los intentos de las organizaciones multilaterales o internacionales para unificar ciertas áreas del derecho internacional han tenido como objetivo lograr mayor seguridad jurídica y reducir el gasto operativo de los agentes que se encuentran envueltos en las transacciones internacionales, sin embargo, como sería posible, siguiendo a Arrubla, cumplir con los objetivos de la convención si Colombia se encuentra viviendo una regresión al formalismo. La cuestión a cerca del formalismo se aborda desde varias cuestiones; la eficacia probatoria, la oponibilidad del negocio y el nacimiento de derechos reales.⁵⁸

⁵⁵ Iván Mauricio del Toro., “El fenómeno del Soft Law y las nuevas perspectivas del Derecho Internacional.” *Anuario Mexicano de Derecho Internacional VI*, (2006):513-549. Redalyc, <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=402740621012>.

⁵⁶ “Así las cosas, pareciera más bien que estuviésemos viviendo, aun en el campo mercantil una verdadera regresión al formalismo. Si bien el principio de la consensualidad o Libertad de forma es cierto desde una perspectiva de la formación del negocio, es decir *ad substantiam actus*, la verdad es que si se consultan otras realidades, que tiene que ver más con la eficacia del negocio mismo y con el fin propuesto por las partes, la conclusión es diferente. *Ibidem*. Arrubla. op. cit., p. 37

⁵⁷ *Ibidem*. Convención de las Naciones Unidas sobre los Contratos de Compraventa Internacional de Mercaderías. op. cit., p. 2

⁵⁸ *Ibidem*. Arrubla. op. cit., p. 37

Pese a ello, la tecnología blockchain puede ofrecer soluciones a esta clase de situaciones. En relación con la eficacia probatoria, esta tecnología permite almacenar una vasta cantidad de información de forma transparente e inalterable, garantizando la integridad, por ejemplo, del contenido de un smart contract; al presentar ante un juez un contrato inteligente como evidencia dentro de un proceso, no cabría duda de su relevancia probatoria, ya que es bien sabido que, gracias a la criptografía asimétrica y la blockchain, el contenido es sumamente confiable. En cuanto a la oponibilidad a terceros y al surgimiento de derechos reales, es importante mencionar que, aunque existen muchos contratos consensuales en la ley comercial e internacional, algunos, como la venta de automotores, prenda sin tenencia, limitaciones al factor y venta de propiedad industrial⁵⁹, para ser oponibles o dar origen a derechos reales, necesitan estar registrados; por ello, es esencial una herramienta que certifique que las partes del acuerdo son quienes dicen ser y que la información sobre los bienes objeto de transferencia o gravamen sea pública y conocida por todos, en pos de garantizar su oponibilidad; esta problemática podría ser solucionada también por la tecnología blockchain.

Imagínese que P desea comprarle a Q un tipo de propiedad industrial representada en un token no fungible; utilizan un smart contract programado de manera que, una vez Q reciba el dinero, se transfiera automáticamente la propiedad del Token, que simbolizará la propiedad industrial. Tras la transferencia, quedará registrada en la blockchain la transacción; esta blockchain podría ser accesible al público general, pero con una participación federada⁶⁰, y cada nodo que

⁵⁹ *Ibidem.*, p. 37

⁶⁰ “Las redes de blockchain federadas son las más solicitadas a la hora de construir soluciones compartidas para gobiernos, empresas, y asociaciones. En general no son abiertas a la participación del público, sino que un número determinado de organizaciones, entidades o compañías se encargan de administrar la red en conjunto y mantener copias sincronizadas del registro. El acceso mayoritario es mediante una interfaz web que los administradores ponen a disposición del usuario medio, en lugar de compartirles una copia de la cadena como en las redes públicas. Marcos Allende López. Vanessa Colina Unda, 28 de marzo de 2018, ¿Pública, federada o privada? Explora los distintos tipos de blockchain, *Blog banco interamericano de Desarrollo (BID)*, consultado el 3 de septiembre del 2023. <https://blogs.iadb.org/conocimiento-abierto/es/tipos-de-blockchain/>

valide la transacción podría ser una entidad o institución internacional comprometida con las buenas prácticas del comercio internacional; esta blockchain garantizaría conocer al actual titular del derecho, o quien lo fue anteriormente, asegurando un proceso transparente y eficiente.

En relación con el formalismo que todavía representa una traba para las relaciones mercantiles, nacen las distintas problemáticas en el seno de las transacciones entre agentes internacionales, las cuales tienen impacto directo en el comercio mundial. Anna Duke⁶¹ de la Universidad de Chicago se refiere a la transacción comercial internacional en estos términos:

(...) the typical international trade transaction involves processes related to customs and border procedures, commercial transactions, and trade financing, including a host of documents related to each of those processes.

(...) The paper and labor-intensive process of international trade increases administrative costs and are prone to error, losses, and fraud.

Por tanto, se entiende que, adicional a las problemáticas que trae consigo el regreso a la formalidad dentro de la relación comercial, el desarrollo de las operaciones internacionales de comercio (transacciones comerciales, operaciones de transporte, financiación del comercio y controles oficiales⁶²) presenta situaciones que hacen que las transacciones mercantiles no sea eficientes y no permite que se desenvuelvan de tal manera que promueva un desarrollo adecuado de las relaciones mercantiles internacionales; los largos procesos, el cruce de correos, las facturas,

⁶¹ Anna Duke. "What Does the CISG Have to Say about Smart Contracts? A Legal Analysis." *Chicago Journal of International Law* 20, no. 1 (Summer 2019): 141–77.

<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=sso&db=eoh&AN=1785439&site=eds-live&scope=site>.

⁶² "International trade agreements involve many entities and paper documents. There are four main categories of international trading operations: commercial transactions, transport operations, trade financing and official controls." Kateryna Korenga. "Use Of Smart Contracts in International Trade." (Kyiv: Taras Shevchenko National University., s.f.), Consultado 3 de septiembre del 2023. http://irn.center/wp-content/uploads/2019/11/Kateryna-Korenga_Ukraine.pdf.

documentos de seguros, pagarés, certificados sanitarios y fitosanitarios, certificados de conformidad, entre otros, hacen engorroso la practica comercial e incrementa los costos de transacción.

Ante tales circunstancias adversas en la práctica comercial diaria, es crucial identificar problemas específicos que se pueden dividir en dos categorías: la primera se refiere a la operación comercial internacional, sus interacciones y la documentación derivada; la segunda se relaciona con temas de logística comercial y cadena de suministro, ya que gran parte de la operación mercantil transfronteriza necesita medios claros que faciliten transacciones claras, eficientes y seguras.

En lo que respecta a la operación comercial internacional, las soluciones que ofrece la tecnología blockchain son extensas y pueden manifestarse desde la fase precontractual; imagine, por ejemplo, que Z, ubicado en España, desea contratar el suministro de calzado de cuero a Y en Alemania. Z crea un smart contract con los términos y condiciones del contrato propuesto, indicando las mercancías y especificando o dejando un medio para determinar la cantidad y el precio⁶³; Y recibe la propuesta, la cual puede revisar y comentar, y si está de acuerdo, firma el acuerdo con su firma digital, concretando así el contrato de compraventa. Si desean un acuerdo más detallado, Y podría usar un token no fungible para representar la mercancía que ofrece a Z, garantizando la calidad y el origen del calzado de cuero; al hacerlo, se facilitaría el proceso de contratación y, en caso de que se cumplan los términos y condiciones del contrato, el token se transferirá a Z, quien a su vez transferirá el precio convenido, evitando así complicaciones y haciendo la transacción más eficiente y transparente.

⁶³ “La propuesta de celebrar un contrato dirigida a una o varias personas determinadas constituirá oferta si es suficientemente precisa e indica la intención del oferente de quedar obligado en caso de aceptación. Una propuesta es suficientemente precisa si indica las mercaderías y, expresa o tácitamente, señala la cantidad y el precio o prevé un medio para determinarlos.” *Ibidem*. Convención. op. cit., art. 14

Ahora bien; con respecto al pago y financiamiento de las obligaciones dentro de la operación mercantil internacional, es pertinente mencionar que las herramientas proporcionadas por los smart contracts y la tecnología blockchain resultan más eficientes y menos propensas a errores que las cartas de crédito. Esto se debe a que eliminan de manera significativa el factor humano, lo cual incide directamente en los costos para el comprador y vendedor. Por ejemplo, según el artículo 34 de la UCP 600, “el banco no asume responsabilidad alguna por la forma, suficiencia, precisión, autenticidad, falsificación o efecto legal de cualquier documento,”⁶⁴; además, el tiempo de preparación de los documentos y la revisión de estos por parte del banco requieren un gasto de recursos que puede derivar en demoras en la transacción comercial.

Estos inconvenientes no surgirían al utilizar la tecnología blockchain y los contratos inteligentes; no habría riesgo de falsificación u otros problemas con los documentos. Gracias a la criptografía de dos llaves, al usar la llave privada en cada evento del contrato se garantizaría la autenticidad de estos; además, dado que todo es autoejecutable, la necesidad de documentos sería superflua. Todo se gestionaría mediante eventos o condiciones en el contrato inteligente, eliminando así el tedioso manejo de documentos. Vale la pena mencionar también la frustración que suele causar la inoperatividad y burocracia de algunos agentes del sector bancario.

Si bien la tecnología blockchain propone soluciones para mejorar ciertas situaciones que surgen en las operaciones comerciales de transacción o financiamiento, no se puede pasar por alto que el tema más explorado tanto por la academia como en la práctica empresarial son las operaciones comerciales de transporte. En este ámbito se aborda especialmente la cadena de suministro y, en general, las operaciones de logística internacional; dentro de este marco, emergen diversas circunstancias que obstaculizan el desarrollo eficiente de las relaciones comerciales.

⁶⁴ Cámara de Comercio Internacional (CCI). “Uniform Customs & Practice for Documentary Credits (UCP 600)” (1 de julio de 2007), Art 34.

En 2014, Maersk⁶⁵, una de las empresas navieras más grandes en el mundo, realizó un seguimiento a un contenedor lleno de rosas y aguacates que venían de Kenia y que tenía como destino los Países Bajos. Allí identificó el complejo entramado de procesos físicos y trámites que afectan cada envío. Los datos eran reveladores: cerca de 30 actores y más de 100 personas intervinieron durante todo el trayecto. El envío demoró alrededor de 34 días desde la granja hasta los minoristas, incluyendo 10 días de espera para el procesamiento de documentos. Circunstancias de esta índole afectan diversos eslabones de la cadena de suministro, impactando el dinamismo comercial.

Hay una vasta diversidad de documentación en las transacciones comerciales, tales como letras de cambio, facturas comerciales, órdenes de compra, pólizas de seguro, conocimientos de embarque, certificados de origen, entre otros. Estos documentos, generalmente en papel, son tediosos de gestionar y a menudo causan retrasos en la cadena de suministro. Además, los términos contractuales no siempre son claros para las partes involucradas. Por ejemplo, con los términos Incoterms⁶⁶, podría especificarse en el contrato el uso del código DAP (Delivered at Place)⁶⁷, pero una de las partes podría malinterpretar el alcance de su responsabilidad. A este respecto, Sun⁶⁸ se expresa:

⁶⁵ “In 2014, shipping company Maersk followed a refrigerated container filled with roses and avocados from Kenya to the Netherlands to document the maze of physical processes and paperwork that impact every shipment. The numbers speak for themselves: they found that around 30 actors and more than 100 people were involved throughout the journey, with the number of interactions exceeding 200. The shipment took about 34 days to go from the farm to the retailers, including 10 days waiting for documents to be processed. One of the critical documents went missing, only to be found later amid a pile of paper.” Emmanuelle Ganne. “Can blockchain revolutionize international trade?” Capítulo 3. (Switzerland: World Trade Organization, 2018)., p. 17. https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/blockchainrev18_e.pdf

⁶⁶ “The Incoterms rules define important responsibilities of buyers and sellers for the delivery of goods under sales contracts. They are the authoritative rules for determining how costs and risks are allocated to the parties. Incoterms rules are regularly incorporated into contracts for the sale of goods worldwide and have become part of the daily language of trade.” Cámara de comercio Internacional (CCI). “Incoterms.” ISBN: 978-92-842-0510-3, (2019).

⁶⁷ “DAP requires the seller to deliver to a place named by a buyer, typically the buyer’s premises. The buyer is responsible for unloading the means of transport. The seller has to carry out any export formalities and the buyer has to carry out any import formalities. Like with CPT and CIP the seller contracts for carriage and risk transfers only upon delivery which now is at the buyer’s premises. The seller has no obligation to the buyer to insure for its risk.”

⁶⁸ Sun, Dorjee. Agosto 26 de 2019. “How can blockchain technology optimize Incoterms 2020?” *Cámara de Comercio Internacional (CCI)*. Consultado el 4 de septiembre de 2023. <https://iccwbo.org/media-wall/news-speeches/incoterms-rules-2020-blockchain-dorjee-sun-dap-fob-fca-exw-cfr-cpt/>.

La tecnología blockchain también tiene la capacidad de reducir errores o malas interpretaciones de las reglas Incoterms. De hecho, he visto documentación interna de algunas de las grandes empresas comerciales que muestran literalmente decenas de miles de correos electrónicos intercambiados solo para coordinar.

Sin profundizar en las problemáticas habituales del comercio internacional, se puede concluir que la mayoría de las adversidades en la cadena de suministro surgen por falta de transparencia logística y deficiencias al establecer relaciones contractuales. Estos desafíos podrían encontrar solución mediante las diversas aplicaciones de la tecnología blockchain. Por ejemplo, para clarificar las relaciones contractuales, los smart contracts emergen como una alternativa, pues el código carece de ambigüedades, clarificando así las obligaciones de las partes.

Con respecto a la transparencia en la cadena de suministro, la tecnología blockchain posibilita una trazabilidad del producto desde el granjero o el hacedor del bien, hasta que llegue al minorista o la gran superficie. Por ejemplo, Oxfam, una organización que trabaja con exportadores de arroz en Camboya lanzó un programa piloto utilizando smart contract para aumentar la transparencia y trazabilidad de la cadena de suministro⁶⁹. Otro caso, es el expuesto por Ramachandra y otros,⁷⁰ los cuales proponen la utilización de la tecnología blockchain para la trazabilidad del café vietnamita desde las etapas de cosecha hasta llegar al consumidor final.

⁶⁹ Sok Chan. March 12, 2018, "blockchain tech to link up local farmers and foreign buyers," *khmertimeskh*, consultado el 4 de septiembre del 2023. <https://www.khmertimeskh.com/113478/blockchain-tech-to-link-up-local-farmers-and-foreign-buyers/>

⁷⁰ A. C. Ramachandra, P. Aishwarya, A. K. Sharma, A. Verma and A. K. Saksham, "A Smart Contract for Coffee Supply Chain," 2023 International Conference on Applied Intelligence and Sustainable Computing (ICAISC), Dharwad, India, 2023, pp. 1-7, doi: 10.1109/ICAISC58445.2023.10199528.

En otro caso, Baxter⁷¹ propone la aplicación de la tecnología blockchain en la cadena de suministro de los bienes alimenticios, pues como los contratos inteligentes permiten la transmisión instantánea de información de producción, logística, inventario y datos de ventas, puede a través de esa información reducir las dificultades y permitir una mayor transparencia dentro de la cadena de suministro. En suma, la tecnología blockchain puede asegurar la trazabilidad de un producto desde etapas tempranas y alrededor de toda la cadena de suministro, ya que al ser un registro distribuido de hecho, permite que se muestre la evolución en tiempo real de cada hecho que afecte el producto, esto puede ser ayudado por el internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés) y lograr una mayor transparencia del producto.

Ejemplos como los antes descritos muestra cómo en la actualidad las empresas y agentes están usando la tecnología blockchain en la cadena de suministros para asegurar su trazabilidad y transparencia a lo largo de la cadena, con ello, las operaciones comerciales serían más ágiles, seguras y confiables, prescindiendo de muchos documentos y papeleo que le quita dinamismo el comercio internacional, adicionalmente, como ciertas obligaciones pueden ser ejecutadas automáticamente, como sanciones por incumplimiento, pago e incluso la obligaciones de dar, la cual podría ser a través de un token no fungible, los términos de los acuerdos comerciales serían claros y podrían disminuir, tanto los incumplimientos como los pleitos entre las partes.

3.2 Sector societario y financiero

Contrario a lo que pasa en el derecho comercial internacional, el derecho societario, financiero y asegurador, está mucho más restringido y regulado, esto con toda razón, pues a diferencia de lo que pasa en el comercio, donde en principio, las relaciones privadas solo afectan

⁷¹ Elizabeth J. Baxter, Comment, blockchain 's Application in the Food Supply Chain: Moving Towards End-to-End Traceability, 61 *Jurimetrics J.* 443-68 (2021).

a las partes involucradas en el negocio, no pasa lo mismo con el derecho financiero por ejemplo, ya que existe un interés público en las actividades de captación, colocación e intermediación.⁷² Por tanto, las aplicaciones que ha tenido la tecnología blockchain en estas áreas, ha tenido un acompañamiento más activo por parte de los Estados en aras de proteger los actores dentro de las economías.

Ahora bien, líneas atrás se habló de los *Security Tokens* o *Asset Token*, en su momento se dijo que no son más que representaciones de cosas, materiales o inmateriales, que existen en el mundo físico, pero que son representadas por un token a través del proceso llamado *Tokenización*, allí, de igual forma, se mencionó que esta clase de activos podían adquirir diversas formas y que dependiendo de la regulación estatal podría representar, por ejemplo, derechos dentro de una sociedad, un derecho real o derechos en la participación de un proyecto de inversión. Esto hace que, tanto el derecho societario como financiero, se vean impactados por esta clase de tecnología.

Por ello, en esta parte se observarán y se dejarán planteadas algunas posibles aplicaciones que puede tener la tecnología blockchain en el ámbito societario y financiero, destacando sus fortalezas y debilidades, teniendo como derrotero el marco jurídico actual colombiano, como el Código de Comercio, la Ley 964 de 2005, el Decreto 2510 de 2014, Decreto 663 de 1993, Decreto 1357 de 2018, Decreto 2555 de 2010 y demás normas concordantes que hablen sobre la materia a tratar.

Cuando se habla de *Security Tokens*, se hace referencia a tokens representativos de “*securities*” o valores, no necesariamente deben ser acciones de sociedades, pueden ser bonos, certificado de depósito, derecho sobre activos de poca rotación o ilíquidos como en el caso de la

⁷² “Las actividades financiera, bursátil, aseguradora y cualquier otra relacionada con el manejo, aprovechamiento e inversión de los recursos de captación a las que se refiere el literal d) del numeral 19 del artículo 150 son de interés público y sólo pueden ser ejercidas previa autorización del Estado, conforme a la ley, la cual regulará la forma de intervención del Gobierno en estas materias y promoverá la democratización del crédito.” Colombia. “*Constitución política de Colombia*”, 20 de junio de 1991. Gaceta Constitucional No. 116 de 20 de julio de 1991. Artículo 335.

titularización, entre otros. Los tokens pueden representar casi cualquier valor reconocido por la ley colombiana. Sin embargo, el concepto de token no es algo que es muy conocido en el argot jurídico colombiano actual, por ello es menester poner este concepto de cara a la definición de *valor* que trae la ley colombiana, al respecto menciona la ley 964 del 2005 en su artículo 2 “será valor todo derecho de naturaleza negociable que haga parte de una emisión, cuando tenga por objeto o efecto la captación de recursos del público”, esta definición de valor sustituyó al concepto de mercado público de valores, imperante en la ley 32 de 1979.⁷³

Por lo anterior tenemos que para que algo sea valor o sea considerado como valor por la ley colombiana debe reunir los siguientes elementos; i) el título debe tener contenido patrimonial; ii) su naturaleza debe permitir la negociabilidad del título; iii) debe ser producto de una emisión por parte de una entidad o órgano social autorizado para tales fines y iv) la finalidad de la emisión debe ser la de captación de recursos en manos del público. Ahora bien, sin duda el *token* podría revestir de estas características ya que cumple con los requisitos del inciso primero del artículo 2 de la ley citada ley⁷⁴, sin embargo, el artículo 4 establece un requisito adicional:

El Gobierno Nacional intervendrá en las actividades del mercado de valores, así como en las demás actividades a que se refiere la presente ley, por medio de normas de carácter general para... b) Establecer la regulación aplicable a los valores, incluyendo, el reconocimiento de la calidad de valor

⁷³ “Conforman el mercado público de valores la emisión, suscripción, intermediación y negociación de los documentos emitidos en serie o en masa, respecto de los cuales se realice oferta pública, que otorguen a sus titulares derechos de crédito, de participación y de tradición o representativos de mercancías.” Colombia. Ley 32/1979, de mayo 17 de 1979 “por la cual se crea la Comisión Nacional de Valores y se dictan otras disposiciones.” Artículo 6.

⁷⁴ Ley 964/2005, 8 de julio del 2005. “Por la cual se dictan normas generales y se señalan en ellas los objetivos y criterios a los cuales debe sujetarse el Gobierno Nacional para regular las actividades de manejo, aprovechamiento e inversión de recursos captados del público que se efectúen mediante valores y se dictan otras disposiciones.” (Colombia) Diario Oficial No. 45.963. Artículo 2.

a cualquier derecho de contenido patrimonial o cualquier instrumento financiero, siempre y cuando reúnan las características previstas en el inciso 1o del artículo 2 de la presente ley (...)

De acuerdo con lo anterior, llevaría a pensar que, aunque el *Security Token*, es este caso, tuviera las características propias de un valor, para adquirir tal denominación jurídica debería ser reconocido por el gobierno nacional a través de reglamentación. En concepto 2021180050-002 la Superintendencia de Financiera⁷⁵ se refirió a los *Equity Tokens* y manifestó que:

Algunos instrumentos financieros, como los *equity Tokens*, pueden reunir eventualmente las características previstas en la legislación colombiana para ser considerados valores, en tanto se trata de derechos de naturaleza negociable que hacen parte de una emisión que tiene por objeto o efecto la captación de recursos del público, no obstante, ello no es suficiente para darles el tratamiento de valores, pues es necesario el reconocimiento como tal por parte del Gobierno Nacional

A pesar de que es diáfano que los tokens revisten las características propias de los valores, como lo menciona la Superfinanciera, no puede ignorarse el hecho de que sin la autorización gubernamental no pueden ser considerados como valores por la ley colombiana y es aquí donde se deriva una cuestión y es la siguiente: si la Superfinanciera está reconociendo que el token puede cumplir con los requerimientos de ley para ser tratado como valor, por qué no ha promovido su

⁷⁵ Super Intendencia Financiera de Colombia. 20 de septiembre de 2021. “*Equity Tokens no se consideran valores.*” (Colombia) Concepto 2021180050-002.

adopción y reglamentación con el gobierno nacional⁷⁶. En Estados Unidos si un activo u otro instrumento es puesto a prueba por el test de *Howey* y producto de este análisis resulta que es un contrato de inversión,⁷⁷ aquel activo automáticamente le serán aplicables las leyes federales sobre valores de acuerdo con el Securities Act de 1933,⁷⁸ a menos que medie alguna excepción de la Jumpstart Our Business Startups Act (Jobs Act)⁷⁹ u otra norma similar.

Siguiendo esta misma idea, por qué Colombia no se han propuesto a realizar una regulación sobre los tokens en materia bursátil, cuando es bien sabido que las transacciones de este tipo de activos, ya sean criptomonedas u otros instrumentos, son cada vez más crecientes en el mundo, incluso visa Inc., empresa financiera ya se encuentra a la vanguardia de este tipo de transacciones.⁸⁰ Sin embargo, si llegase a existir por parte del gobierno colombiano un reconocimiento de los tokens como valores, este tipo de activo tendría que enfrentarse a los conceptos de captación masiva y habitual de dinero y oferta pública de valores, pues un proyecto que se base en la tokenización de activos no puede ignorar tales nociones tan importantes para el mercado valores

⁷⁶ “Por tanto, cuando se identifiquen los tres elementos señalados (**derecho de naturaleza negociable, que haga parte de una emisión y cuyo propósito sea la captación de recursos del público**), será necesario el reconocimiento gubernamental del respectivo instrumento como valor, el registro de la emisión y la sujeción a la regulación contenida en el proyecto.” Super Intendencia Financiera. Marzo 19 del 2010. “*Factura como valor*.” (Colombia). Concepto 2010007643-001.

⁷⁷ “Investment contract” exists when there is the investment of money in a common enterprise with a reasonable expectation of profits to be derived from the efforts of others. SEC v. W.J. Howey Co., 328 U.S. 293 (1946) (“Howey”). See also United Housing Found., Inc. v. Forman, 421 U.S. 837 (1975) (“Forman”); Tcherepnin v. Knight, 389 U.S. 332 (1967) (“Tcherepnin”); SEC v. C. M. Joiner

Leasing Corp., 320 U.S. 344 (1943) (“Joiner”)

⁷⁸ The term “security” means any note, stock, treasury stock, security future, security-based swap, bond, debenture, evidence of indebtedness, certificate of interest or participation in any profit-sharing agreement, collateral-trust certificate, preorganization certificate or subscription, transferable share, investment contract, voting-trust certificate, certificate of deposit for a security (...). Securities Act of 1933. Title I, SEC.2. [77b] (a).

⁷⁹ Jumpstart Our Business Startups Act. “*To increase American job creation and economic growth by improving access to the public capital markets for emerging growth companies.*” (abril 5 de 2012) Public Law 112-106.

⁸⁰ “Nuevo programa de Tokenización Básica de Visa permite el uso de “tokens” en las transacciones de comercio electrónico y de card-on-file (tarjeta en archivo) en más de 40 mercados y territorios. Visa está finalizando el ciclo de tokens y realizando un aprovisionamiento de tokens en nombre de los emisores que no participan en el Visa Token Service, permitiendo así a los comercios ganar escala y proteger millones de pagos digitales adicionales sin depender de la tokenización de los bancos emisores.” (subraya fuera del texto). “Visa optimiza la seguridad de las transacciones en línea en toda América Latina y el Caribe”, Visa Inc., acceso el 5 de septiembre del 2023, <https://www.visa.com.co/acerca-de-visa/sala-de-noticias/notas-de-prensa/seguridad-transacciones-en-linea.html>.

colombiano. Según el decreto 1981 de 1988⁸¹ la captación masiva y habitual de recursos del público se da en los siguientes casos:

1. Cuando su pasivo para con el público está compuesto por obligaciones con más de veinte (20) personas o por más de cincuenta (50) obligaciones, en cualquiera de los dos casos contraídas directamente o a través de interpuesta persona. Por pasivo para con el público se entiende el monto de las obligaciones contraídas por haber recibido dinero a título de mutuo o a cualquiera otro en que no se prevea como contraprestación el suministro de bienes o servicios.
2. Cuando, conjunta o separadamente, haya celebrado en un período de tres (3) meses consecutivos más de veinte (20) contratos de mandato con el objeto de administrar dineros de sus mandantes bajo la modalidad de libre administración o para invertirlos en títulos o valores a juicio del mandatario, o haya vendido títulos de crédito o de inversión con la obligación para el comprador de transferirle la propiedad de títulos de la misma especie, a la vista o en un plazo convenido, y contra reembolso de un precio. Para determinar el período de los tres (3) meses a que se refiere el inciso anterior, podrá tenerse como fecha inicial la que corresponda a cualquiera de los contratos de mandato o de las operaciones de venta.

⁸¹ Decreto 1981 de 1988, septiembre 26 de 1988. “*por el cual se reglamenta el decreto 2920 de 1982.*” (Colombia). Artículo 1.

Además de ello, si la persona jurídica o natural realiza una de estas actuaciones antes mencionadas, debe concurrir, a parte, una de estas situaciones⁸²:

- i) Que el valor total de los dineros recibidos por el conjunto de las operaciones indicadas sobrepase el 50% del patrimonio líquido de aquella persona o;
- ii) Que las operaciones respectivas hayan sido el resultado de haber realizado ofertas públicas o privadas a personas innominadas, o de haber utilizado cualquier otro sistema con efectos idénticos o similares.

Así que la persona, ya sea jurídica o natural, que realiza las actuaciones antes descritas quedará enmarcado su comportamiento en el artículo 316 del código penal⁸³, configurándose así, el delito de captación masiva y habitual de dinero. Por tanto, una vez descrito lo que significa la captación masiva y habitual de dinero, queda por mencionar sobre lo que se considera como una oferta pública de valores, pues ambos conceptos son de importancia cardinal para los futuros proyectos basados en tokens, al respecto reza el artículo 6.1.1.1 del decreto 2555 de 2010:

Se considera como oferta pública de valores, aquella que se dirija a personas no determinadas o a cien o más personas determinadas, con el fin de suscribir, enajenar o adquirir documentos emitidos en serie o en masa,

⁸² *Ibidem*. Decreto 1981 de 1988., op. cit., Parágrafo 1.

⁸³ El que desarrolle, promueva, patrocine, induzca, financie, colabore, o realice cualquier otro acto para captar dinero del público en forma masiva y habitual sin contar con la previa autorización de la autoridad competente, incurrirá en prisión de ciento veinte (120) a doscientos cuarenta (240) meses y multa hasta de cincuenta mil (50.000) salarios mínimos legales mensuales vigentes. Si para dichos fines el agente hace uso de los medios de comunicación social u otros de divulgación colectiva, la pena se aumentará hasta en una cuarta parte. Ley 599/2000. Julio 24 de 2000. “*Por la cual se expide el Código Penal*” (Colombia). Diario Oficial No. 44.097 de 24 de julio de 2000. Artículo 316.

que otorguen a sus titulares derechos de crédito, de participación y de tradición o representativos de mercancías.

Así que una vez sobrepasado los límites antes descritos se estaría ante una oferta pública de valores, lo que significa que, si no se cuenta con los permisos correspondientes, podría caer la compañía o persona natural en el delito de captación masiva y habitual de dinero, claro está, si adicionalmente concurren los presupuestos del Decreto 1981 de 1988. Ahora bien, una vez puesto los elementos de valor de cara al concepto de token y viendo los conceptos antes mencionados, bien puede concluirse que los tokens a pesar de no tener calificación de valor, pueden ser utilizados en las relaciones negociales entre particulares, teniendo siempre de presente que no podría mediar oferta pública en su emisión y que al no tener la calificación de valor, no le serían aplicables ciertas características y prerrogativas de los títulos valores.⁸⁴

Para verlo más aterrizado, imagínese el propietario de un terrero de 100 hectáreas que quiere realizar un cultivo de marihuana, los permisos, insumos, mano de obra y demás costos inherentes a la operación resultan ser demasiados altos para costearlos, así que hace un proceso de tokenización y a cada 20 hectáreas le asigna un *Token* que representa ese pedazo de tierra y adicionalmente establece un porcentaje de utilidad que puede dar esas 20 hectáreas por 10 años, se lo ofrece a 5 amigos y acuerda que cada *Token* tendrá un valor de 300 millones, este *Token* será repartido por un contrato inteligente, además el mismo contrato repartirá las utilidades una vez empiece la producción, así todo es transparente y automatizado por un smart contract, con ello

⁸⁴ “Los valores tendrán las características y prerrogativas de los títulos valores, excepto la acción cambiaria de regreso. Tampoco procederá acción reivindicatoria, medidas de restablecimiento de derecho, comiso e incautación, contra el tercero que adquiera valores inscritos, siempre que al momento de la adquisición haya obrado de buena fe exenta de culpa”. *Ibidem*. Ley 964/2005., op. cit., Parágrafo 5, Artículo 2.

planteado de esta manera, el valor, es decir el token, que se crea a partir de un proceso de titularización, no viola ninguna norma sobre captación y su empleo es totalmente ajustado a la ley.

Incluso podría pensarse en la utilización de los *Security Tokens*, para iniciar un proyecto de constitución sucesiva de una sociedad anónima⁸⁵, ya que gracias a la tecnología blockchain se llegaría a la posibilidad de crear un smart contract que una vez que reciba una inversión, desembolse una cantidad de tokens que representarán un porcentaje en la participación de la futura compañía, haciendo el proceso más rápido y con la posibilidad de levantar más capital nacional y extranjero que utilizando medios tradicionales. Los promotores también serían beneficiados, pues por cada transacción realizada por un inversionista pueden recibir una recompensa de manera casi automática, lo que también daría incentivos para que aquellos hagan su trabajo con mayor eficiencia.

Por tanto, se entiende que no existe problema jurídico con la negociación privada de tokens en Colombia, al final del día, en la práctica un token es un instrumento que proviene del deudor - entidad emisora- y que contiene una obligación, clara expresa y exigible, convirtiéndose así en un título ejecutivo⁸⁶. Imagínese esta situación; una empresa productora de café llamada Kofe S.A necesita financiamiento para expandirse al este de Europa, así que emite una cantidad de tokens los cuales tendrán el nombre de “*Copcoin*” y lo ofrece a 10 personas que siempre habían estado interesadas en invertir con esta empresa, bajo este entendido, las utilidades que devengue la empresa con respecto a los negocios en Europa serán repartidos en proporción al número de tokens que posean los tenedores, además, lo referente a la repartición de ganancia se encargará un smart

⁸⁵ Ley 222 de 1995. Diciembre 20 de 1995. “*Por la cual se modifica el Libro II del Código de Comercio, se expide un nuevo régimen de procesos concursales y se dictan otras disposiciones.*” Diario Oficial No. 42.156, de 20 de diciembre de 1995. Artículo 49.

⁸⁶ “Pueden demandarse ejecutivamente las obligaciones expresas, claras y exigibles que consten en documentos que provengan del deudor o de su causante, y constituyan plena prueba contra él” Ley 1564/2012. Julio 12 del 2012. “*Por medio de la cual se expide el Código General del Proceso y se dictan otras disposiciones*”. (Colombia) Diario Oficial No. 48.489 de 12 de julio de 2012. Artículo 422.

contract. En este ejemplo, no existe violación alguna a norma imperativa, bien pueden los tenedores de este token venderlo si se quiere o realizar cualquier acto dispositivo sobre este sin incurrir en ninguna práctica ilegal, incluso si se llegase a existir un incumplimiento del contrato por parte de Kofe S.A podría ser el token capaz de adquirir la categoría de título ejecutivo dentro de un proceso.

No pasa del mismo modo en el mercado público de valores, en donde los requerimientos y exigencias son más elevados, pero el acceso a recursos es más amplio. En este punto vale la pena mencionar el caso norteamericano y su tratamiento de los *Security Tokens*, valga decir que los *Securities*, producto de un proceso de *Tokenización*, no deben ser inscritos ante la Securities and Exchange Commission (SEC) pues están amparados bajo excepciones legales propuestas en el Jobs Act y el Título 15 del US. Code, lo que permite a los emisores americanos poder solicitar tres exenciones distintas excepciones “*Reg S, Reg D, Reg A+ y Reg CF.*”⁸⁷ Las cuales fueron pensadas para los modelos de financiamiento colaborativo o de *crowdfunding*, pero que se ajustan a los modelos de *Security Token Offering*⁸⁸ (STO), por tanto, se muestra que en la regulación de Estados Unidos el tratamiento que se le da a los tokens se da por un camino de financiamiento colaborativo y no, a través de una bolsa de valores.

Ya que en el caso colombiano no hay un tratamiento diferenciado, pues ni siquiera se ha puesto sobre la mesa la discusión, se debería pensar en los tokens como un tipo de valor de

⁸⁷ “Offers and sales exempt under 17 CFR 230.506. Offers and sales exempt under section 230.506 of title 17, Code of Federal Regulations (as re-vised pursuant to section 201 of the Jumpstart Our Business Startups Act) shall not be deemed public offerings under the Federal securities laws as a result of general advertising or general solicitation.” U.S Code, Título 15, 77d(a)(b)(c). <https://www.govinfo.gov/content/pkg/USCODE-2021-title15/pdf/USCODE-2021-title15-chap2A-subchap1-sec77d.pdf>

⁸⁸ La oferta pública de Token se refiere a un proceso parecido a una emisión pública de acciones, en donde el emisor de los Tokens lanza una oferta de este instrumento a personas indeterminadas para captar dinero del público. “Security token offerings (STOs) are a new type of initial public offerings where tokenized digital securities, i.e., security tokens, are sold to outside investors over the world in cryptocurrency exchanges or security token exchanges. In essence, the security tokens can be used to trade any financial assets such as equity and fixed income products through a blockchain virtual ledger system. The ledger system can store and validate token transactions”. Xiang Liu, Zhaojun Yang, “Security token offerings versus loan guarantees for risk-averse entrepreneurs under asymmetric information”. *Finance Research Letters, Volume 57*, (2023) 104171, ISSN 1544-6123, <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104171> .

financiación colaborativa como pasa en el caso norteamericano y no como una acción o instrumento que pueda ser transado en una bolsa de valores, como se podría pensar a primera vista. Para el tratamiento de estos *Security Tokens* en Colombia se podría usar el artículo 2.41.5.1.1 del decreto 1357 de 2018 en aras de asimilar el tratamiento legal de los valores de financiación colaborativa y aplicarlos a la emisión de *Tokens*, en estos términos se expresa el artículo:

La emisión de valores de financiación colaborativa representativos de capital o de deuda, únicamente podrá efectuarse a través de las entidades que realicen la actividad de financiación colaborativa. Estas emisiones no constituirán una oferta pública de valores y en el Registro Nacional de Valores y Emisores - RNVE no podrán estar inscritos ni el receptor ni los valores de las mismas.

En cuestión, las posibilidades que hay para la adopción de los *Security Tokens* en Colombia es gigante. La riqueza en recursos humanos y en recursos naturales que posee nuestro país lo hace un ambiente propicio para el emprendimiento, sin embargo, a veces grandes ideas y proyectos se encuentran truncados por la dificultad de financiamiento; el crédito ante entidades financieras es difícil de conseguir y si se consigue, requiere un esfuerzo grande de la compañía en presentar rápidamente resultados, debido al alto margen de intermediación bancaria que hay en el país⁸⁹, volviendo poco accesible el acceso al crédito, así que se hace imperante la adopción de nuevas e

⁸⁹ Juan Sebastián Amaya, “Colombia tiene el segundo margen de intermediación más alto en la Alianza del Pacífico” *La República*, 22 de abril de 2020. Acceso el 6 de septiembre del 2023. <https://www.larepublica.co/finanzas/colombia-tiene-el-segundo-margen-de-intermediacion-mas-alto-en-la-alianza-del-pacifico-2995631>

innovadoras vías de acceso a recursos para la financiación de proyectos, los cuales tienen un impacto positivo en la economía en general.

Lo anterior hace que la disponibilidad de financiamiento sea mucho más amplia, pues las pequeñas empresas no solo contarían con canales tradicionales de financiamiento, sino estarían en la red mundial ofreciendo una propuesta de valor y no solo las empresas privadas sino las entidades públicas podrían aprovechar las ventajas de esta tecnología, por ejemplo, qué pasaría si el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) realizara un STO a nivel mundial para financiar una carretera, se presenta el proyecto, la propuesta financiera y operativa y se abre la posibilidad para que el que quiera comprar los tokens lo pueda hacer, ya sea nacional colombiano o extranjero, cada persona que adquiera un token tiene el derecho de recibir una rentabilidad, producto de los peajes cobrados, al final una vez recibido los recursos, se ponen a la orden de un smart contract que reparte la utilidad en proporción al número de tokens, financiando así una obra pública a través de la tokenización.

3.3 Sector Notariado y Registro

Una de las áreas en las que la tecnología blockchain podría tener un impacto significativo es en el funcionamiento de las notarías, instituciones tradicionales encargadas de “dar fe pública sobre los actos, documentos, declaraciones, hechos y manifestaciones que realizan de manera libre y espontánea los particulares”⁹⁰. Puesto que al ser la blockchain similar a un registro público de eventos, inmodificables y seguros, cumpliría a cabalidad con dar fe sobre la autenticidad de tales

⁹⁰ “Es una persona natural que presta el servicio público notarial, en ejercicio de la función pública que le otorga el Estado, para dar fe pública sobre los actos, documentos, declaraciones, hechos y manifestaciones que realizan de manera libre y espontánea los particulares”. Notaria Séptima de Bogotá. “Funciones y deberes de los Notarios.” Consultado el 6 de septiembre de 2023. <https://notaria7bogota.com/wp-content/uploads/2020/10/3.2-FUNCIONES-Y-DEBERES-DE-LAS-NOTARIAS.pdf>

documentos, por ejemplo, los documentos y contratos se podrían almacenar de manera segura en una cadena de bloques, lo que permitiría una verificación instantánea de su autenticidad y validez.

Menezes y otros⁹¹ realizaron un trabajo sobre la experiencia de Brasil, el cual ha venido desarrollando un sistema digital utilizando la tecnología blockchain y los smart contracts para volver más eficiente las tareas notariales. Eyhoff y Prinz⁹² señalan los principales métodos que ellos consideran para la implementación de la tecnología blockchain en los servicios que ofrecen las notarías actualmente. Con todo ello se debe partir de la base que la seguridad de los datos es un componente crucial en el proceso de notarización, y que la tecnología blockchain al utilizar criptografía avanzada y tecnología de registro distribuido para proteger la integridad de los datos hace que en la práctica estos documentos almacenados en una cadena de bloques sean inmunes a la alteración o eliminación no autorizada.

Imagínese que X quiere conferirle un poder general, amplio y suficiente a Y , para este propósito X ya no necesita ir a la notaría para elevar el documento a escritura pública y pagar unos gastos notariales por tales conceptos. Ahora cada ciudadano tiene una firma digital que cumple con los requisitos del artículo 28 de la ley 527 de 1999⁹³ y soportada en la criptografía asimétrica, permite identificar a cada individuo, así el documento se sube a un portal web y por el intercambio de las llaves públicas entre las partes se firman el documento, una vez firmado se pasa a una fase de verificación por parte de los *nodos* quienes revisan que las condiciones que se hayan

⁹¹ Dias Menezes, L., de Araújo, L.V. & Nishijima, M. blockchain and smart contract architecture for notaries services under civil law: a Brazilian experience. *Int. J. Inf. Secur.* 22, 869–880 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10207-023-00673-3>

⁹² C. Eyhoff and W. Prinz, "Using the blockchain as Notary Service for a Local Energy Market," 2022 IEEE 7th International Energy Conference (ENERGYCON), Riga, Latvia, 2022, pp. 1-7, doi: 10.1109/ENERGYCON53164.2022.9830332.

⁹³ "El uso de una firma digital tendrá la misma fuerza y efectos que el uso de una firma manuscrita, si aquélla incorpora los siguientes atributos: 1. Es única a la persona que la usa. 2. Es susceptible de ser verificada. 3. Está bajo el control exclusivo de la persona que la usa. 4. Está ligada a la información o mensaje, de tal manera que si éstos son cambiados, la firma digital es invalidada. 5. Está conforme a las reglamentaciones adoptadas por el Gobierno Nacional." Ley 527/1999, agosto 18 de 1999. "Por medio de la cual se define y reglamenta el acceso y uso de los mensajes de datos, del comercio electrónico y de las firmas digitales, y se establecen las entidades de certificación y se dictan otras disposiciones." (Colombia). Diario Oficial No. 43.673, Artículo 28.

prestablecido se cumplan, una vez aceptado el bloque se inserta en la cadena para asegurar su transparencia, publicidad y seguridad.

Este impacto en la práctica notarial traería consigo un aumento de la utilización de smart contracts, puesto que celebrado un contrato que revista estas atribuciones, puede ser incluido directamente en la blockchain y ser validado y autenticado por una entidad o los nodos que participen en la red, esto en la práctica, haría que paulatinamente las notarías físicas fueran desapareciendo y con ello una tradición del papel y la burocracia. Esto traería importantes beneficios en costos de transacción y eficiencia en las actividades notariales.

Capítulo 4

4. Retos y reflexiones de la tecnología blockchain en Colombia

La tecnología *Blockchain*, a pesar de sus numerosos beneficios, presenta una serie de retos y desafíos que deben abordarse en el contexto legal colombiano. Si bien, se ha mostrado como una herramienta que tiene la capacidad de mejorar el comercio, la financiación de empresas o de volver más eficiente los procesos notariales, no puede negarse el hecho que presenta unas dificultades importantes a la hora de su implementación, en esta parte se abordara algunas cuestiones sobre los retos a los que se enfrenta la tecnología *Blockchain*, para con ello claro, dejar algunas reflexiones finales sobre lo discutido a lo largo de este escrito.

4.1 Retos actuales en la implantación de la tecnología blockchain en Colombia.

Colombia ha sido un país donde usualmente los avances tecnológicos tardan años en llegar, sin embargo, esto puede no ser del todo malo, ya que permite aprender y aprovechar lo que ha servido afuera, evitando el riesgo de las malas prácticas y sucesos desafortunados. Pese a ello, Colombia presenta grandes retos para poder implementar la tecnología blockchain dentro de su territorio, entre ellos se pueden encontrar; i) el capital humano y ii) el marco normativo

Con respecto al capital humano, Colombia carece de suficientes recursos humanos para emprender un proyecto de desarrollo blockchain o si los hay los costos serian considerables. Para lograr desarrollar algo estructurado en la cadena de bloques, el gobierno o las entidades privadas deberán utilizar una buena parte de sus recursos. Así que el gobierno deberá importar capital humano para lograr los objetivos que se trace con respecto a esta nueva tecnología, sin embargo, pese a que la inversión inicial en el proyecto pueda ser cuantiosa, en términos generales y en el

largo plazo, valdrá la pena, pues este tipo de desarrollos tecnológicos tiende a volver más eficientes tareas que antes no lo eran y con respecto a ello, a disminuir costos y aumentar beneficios.

En lo que atañe al marco normativo, Colombia debe promover desde la ley el desarrollo de proyectos basados en la tecnología blockchain. Cuando se observó el concepto que emitió la Superfinanciera sobre los security tokens, se mencionó que a pesar que esta entidad reconociera que este tipo de activos cumplen con las características propias de un valor según la ley colombiana, se limitó a decir que debía mediar una aprobación por parte del gobierno para que adquiriera tal prerrogativa, cosa que no tenía aún. Pese a ello, ya se han adelantado pilotos para el uso de los payment tokens (Criptomonedas) en Colombia⁹⁴, incluso hoy se piensa en un posible proyecto de ley sobre la materia⁹⁵, lastimosamente parece ser que la intención es ver este tipo de activos como un tipo de instrumento financiero⁹⁶ y no como medio de pago. Lo rescatable, es que ya se están tomando medidas sobre este tipo de activos, lo que abrirá la puerta a un sin número de proyectos basados en este tipo de tecnología, lo que colocará al marco normativo y al derecho mismo en la tarea de regular los nuevos fenómenos.

Si bien, existen bastantes obstáculos en la implementación de las tecnologías de registro distribuido (blockchain) no significa que sea imposible su desarrollo en Colombia. Ya existen un sin número de proyectos alrededor del mundo, en el ámbito comercial, asegurador, bancario, entre otros, que está llevando a las economías más grandes del planeta a implementar proyectos basados

⁹⁴ Portafolio. “Davivienda y Binance empiezan piloto de operaciones con criptomonedas” *Revista Portafolio*. Enero 20 De 2022. Acceso el 7 de septiembre del 2023. <https://www.portafolio.co/economia/finanzas/davivienda-y-binance-empiezan-piloto-de-operaciones-con-criptomonedas-560760>

⁹⁵ Portafolio. “Proyecto de criptomonedas volverá a presentarse en julio”. *Revista Portafolio*. Junio 26 De 2023. Acceso el 7 de septiembre del 2023. <https://www.portafolio.co/economia/finanzas/criptomonedas-en-colombia-proyecto-se-presentara-en-julio-584966>

⁹⁶ “el ministro Bonilla señaló que las operaciones con criptomonedas deben ser consideradas "operaciones financieras" y estar sujetas a revisión y regulación por parte de la Superintendencia Financiera. Daniel Jimenez. “Nuevo proyecto de ley que busca regular las criptomonedas en Colombia se presentará en Julio” *Cointelegraph en español*. 27 de junio 2023. Acceso 7 de septiembre del 2023. <https://es.cointelegraph.com/news/new-bill-to-regulate-cryptocurrencies-in-colombia-to-be-presented-in-july>

en este tipo de tecnología, eventualmente vamos a chocar con la realidad y nuestra economía deberá ser flexible para no caer en el atraso.

4.2 Reflexiones finales y conclusión.

Al principio de este escrito se explicó, con detenimiento, los conceptos básicos de la tecnología *Blockchain*, para a partir de esas nociones desarrollar los intuiciones de los *Smart Contract* y del *Token*; la escogencia de estos conceptos y su desarrollo no son meras trivialidades, pues tanto el uno como el otro, resultan ser los temas que han tenido más desarrollado por la ciencia jurídica y con toda razón, pues estas nuevas dinámicas conducen a replantear ciertos aspectos legales, como las relaciones jurídicas contractuales y las nuevas formas de financiamiento, que impactan de una u otra forma el derecho mismo.

En los primeros renglones de este trabajo se mencionó el hecho de que a primera vista el lector podría verse abrumado por los conceptos técnicos mencionados, incluso se recalcó que después de una lectura rápida a las primeras páginas se podría llegar a pensar que no era un escrito jurídico. Sin embargo, a medida que se avanza en el texto el tránsito se va haciendo más evidente, a tal punto que la discusión se convierte, en una parte, en estrictamente jurídica y es aquí donde se encuentra el *quid* del asunto, pues lo que en un principio se miró como algo indiferente, a lo largo del texto fue cobrando sentido. Del mismo modo debe funcionar el derecho, pues aquel debe estar al tanto de los fenómenos que en principio son totalmente extraños a él y después de un acercamiento conceptual, dotarlos de contenido jurídico para su realización práctica en la sociedad.

A modo de conclusión, valga decir que la tecnología ha impactado casi todas las áreas donde se desenvuelve el ser humano, por tanto, el derecho no puede ignorar los nuevos fenómenos tecnológicos y su impacto en la sociedad. Se requiere de mirar más a las economías desarrolladas

como las de Europa occidental o la estadounidense y empezar a tener debates más profundos sobre la tecnología y su impacto en el derecho. Cómo es posible que no estemos hablando sobre los security tokens o los beneficios de la cadena de bloques para el café o las flores colombianas, quizás no se han dado estos debates por algunos retos mencionados, sin embargo, esto es un llamado para que las autoridades y particulares vean un potencial importante en este tipo de tecnologías que podrían traer grandes beneficios a la sociedad colombiana.

Referencias Bibliográficas

- Allende, M. “Conoce los distintos tipos de blockchain”, el 28 de junio de 2018.
<https://blogs.iadb.org/conocimiento-abierto/es/tipos-de-blockchain/>.
- Akbar, Nur Arifin, Amgad Muneer, Narmine ElHakim, y Suliman Mohamed Fati. “Distributed Hybrid Double-Spending Attack Prevention Mechanism for Proof-of-Work and Proof-of-Stake Blockchain Consensuses”. *Future Internet* 13, núm. 11 (noviembre de 2021): 285.
<https://doi.org/10.3390/fi13110285>.
- Amaya, Sebastián J. “Colombia tiene el segundo margen de intermediación más alto en la Alianza del Pacífico”. *Diario La República*. Consultado el 6 de septiembre de 2023.
<https://www.larepublica.co/finanzas/colombia-tiene-el-segundo-margen-de-intermediacion-mas-alto-en-la-alianza-del-pacifico-2995631>.
- Andrade, Lorena A. “Características y aplicaciones de las funciones resumen criptográficas en la gestión de contraseñas” (Tesis doctoral, Universidad de Alicante, 2019)
- “An Introduction to Smart Contracts and Their Potential and Inherent Limitations”. Consultado el 6 de septiembre de 2023. <https://corpgov.law.harvard.edu/2018/05/26/an-introduction-to-smart-contracts-and-their-potential-and-inherent-limitations/>.
- Arrubla, Paucar. J. A. *Contratos mercantiles: Teoría general del negocio mercantil*. (Bogotá: Ed. Legis, 2012), 36.
- Banco Central Europeo. “Progress on the investigation phase of a digital euro – fourth report”. Acceso el 9 de agosto del 2023.

https://www.ecb.europa.eu/paym/digital_euro/investigation/governance/shared/files/ecb.degov230713-fourth-progress-report-digital-euro-investigation-phase.en.pdf?704b0eee4c20eee4dbe4970f5091a96a

Baran, P. “On Distributed Communications Networks”. *IEEE Transactions on Communications Systems* 12, núm. 1 (marzo de 1964): 1–9. <https://doi.org/10.1109/TCOM.1964.1088883>.

Baxter, Elizabeth J. “BLOCKCHAIN’S APPLICATION IN THE FOOD SUPPLY CHAIN: MOVING TOWARDS END-TO-END TRACEABILITY”. *Jurimetrics*, 2021, 443–68.

Bazurto, Alicia Lorena Andrade. “Características y aplicaciones de las funciones resumen criptográficas en la gestión de contraseñas”, s/f.

“Blockchain Tech to Link up Local Farmers and Foreign Buyers - Khmer Times”, el 11 de marzo de 2018. <https://www.khmertimeskh.com/113478/blockchain-tech-to-link-up-local-farmers-and-foreign-buyers/>.

Board of Governors of the Federal Reserve System. “Frequently Asked Questions”. Consultado el 6 de septiembre de 2023. <https://www.federalreserve.gov/cbdc-faqs.htm>.

Buterin, Vitalik. “Ethereum: A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform.”, (2014)

Castro, Jaime. *Constitución política de Colombia. Concordancias, referencias, índice analítico*. Universidad del Rosario, 2018. <https://doi.org/10.12804/tp9789587842258>.

Chambre de commerce internationale, ed. *Incoterms 2020: ICC Rules for the Use of Domestic and International Trade Terms*. ICC Publication 723E. Paris: ICC, International chamber of commerce, 2019.

Cheng, Xiang, y Jiansuer Julaiti. “Smart Contract Applications within Blockchain Technology: A Systematic Mapping Study”. En 2022 7th International Conference on Cyber Security and Information Engineering (ICCSIE), 33–39. Brisbane, Australia: IEEE, 2022. <https://doi.org/10.1109/ICCSIE56462.2022.00016>.

Christin, Nicolas. “Traveling the Silk Road: A Measurement Analysis of a Large Anonymous Online Marketplace”. En Proceedings of the 22nd International Conference on World Wide Web, 213–24. Rio de Janeiro Brazil: ACM, 2013. <https://doi.org/10.1145/2488388.2488408>.

Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional (CNUDMI). “Convención de las Naciones Unidas sobre los Contratos de Compraventa Internacional de Mercaderías” (New York, 2011)

“How Can Blockchain Technology Optimise Incoterms® 2020?” ICC - International Chamber of Commerce, el 26 de agosto de 2019. <https://iccwbo.org/news-publications/news/incoterms-rules-2020-blockchain-dorjee-sun-dap-fob-fca-exw-cfr-cpt/>.

Dias Menezes, Leonardo, Luciano Vieira De Araújo, y Marislei Nishijima. “Blockchain and Smart Contract Architecture for Notaries Services under Civil Law: A Brazilian Experience”. *International Journal of Information Security* 22, núm. 4 (agosto de 2023): 869–80. <https://doi.org/10.1007/s10207-023-00673-3>.

Duke, Anna. “What Does the CISG Have to Say about Smart Contracts? A Legal Analysis.” *Chicago Journal of International Law* 20, no. 1 (Summer 2019): 141–77.

Eyhoff, Clemens, y Wolfgang Prinz. “Using the Blockchain as Notary Service for a Local Energy Market”. En 2022 IEEE 7th International Energy Conference (ENERGYCON), 1–7. Riga, Latvia: IEEE, 2022. <https://doi.org/10.1109/ENERGYCON53164.2022.9830332>.

Ganne, Emmanuelle. *Can Blockchain Revolutionize International Trade?* Geneva: World Trade Organization, 2018.

Gokoglan, Kadir Gokoglan, y Sakine Cetin. “Blockchain Technology and Its Impact on Audit Activities”. *Pressacademia*, el 30 de junio de 2022, 2. <https://doi.org/10.17261/Pressacademia.2022.1567>.

Gutiérrez, Eduardo De Celis. “DERECHOS FUNDAMENTALES Y TECNOLOGÍA BLOCKCHAIN (FUNDAMENTAL RIGHTS AND BLOCKCHAIN TECHNOLOGY)”, s/f.

Heredia Querro, Sebastián. “Smart Contracts: Qué Son, Para Qué Sirven y Para Qué No Servirán? (Smart Contracts: What Are They? What Can Be Done with Them and What Cannot Be Done with Them?)”. SSRN Scholarly Paper. Rochester, NY, 2020. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3875645>.

Hinestrosa, Fernando. 2014. «[Función, límites Y Cargas De La autonomía Privada]». *Revista de derecho Privado*, n.º 26 (junio):5-39. <https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/derpri/article/view/3794>.

Huerta, Mauricio Iván del Toro. “El Fenómeno Del Soft Law Y Las Nuevas Perspectivas Del Derecho Internacional”. *Anuario Mexicano de Derecho Internacional* VI (2006): 513–49.

Hughes A Erick. *Cypherpunk's Manifesto*, acceso 9 de agosto del 2023. <https://nakamotoinstitute.org/static/docs/cypherpunk-manifesto.txt>

“ICC Digital Library”. Consultado el 6 de septiembre de 2023. https://library.iccwbo.org/content/dr/RULES/RULE_DOCDEX_1.htm?l1=Rules&AGENT=ICC_HQ.

Jiménez, Daniel. “Nuevo proyecto de ley que busca regular las criptomonedas en Colombia se presentará en Julio” *Cointelegraph en español*. 27 de junio 2023. Acceso 7 de septiembre del 2023.

<https://es.cointelegraph.com/news/new-bill-to-regulate-cryptocurrencies-in-colombia-to-be-presented-in-july>

Kanwal, Shamsa. “Asymmetric Cryptographic Schemes Based on Noncommutative Structures”. Tesis doctoral. Capital University of Science and Technology, Faculty of Computing, Department of Mathematics (2019), <https://cust.edu.pk/static/uploads/2019/08/PhD-Thesis-Shamsa-Kanwal-PhD-Maths.pdf>

Lepore, Cristian, Michela Ceria, Andrea Visconti, Udai Pratap Rao, Kaushal Arvindbhai Shah, y Luca Zanolini. “A Survey on Blockchain Consensus with a Performance Comparison of PoW, PoS and Pure PoS”. *Mathematics* 8, núm. 10 (octubre de 2020): 1782. <https://doi.org/10.3390/math8101782>.

Liu, Haojun, Xinbo Luo, Hongrui Liu, y Xubo Xia. “Merkle Tree: A Fundamental Component of Blockchains”. En *2021 International Conference on Electronic Information Engineering and Computer Science (EIECS)*, 556–61, 2021. <https://doi.org/10.1109/EIECS53707.2021.9588047>.

Liu, Xiang, y Zhaojun Yang. “Security token offerings versus loan guarantees for risk-averse entrepreneurs under asymmetric information”. *Finance Research Letters* 57 (el 1 de noviembre de 2023): 104171. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104171>.

Lopez, Oscar y Livni, Ephrat. “El Salvador adopta el bitc on y despierta críticas nacionales y la admiración de la comunidad de criptomonedas” *The New York Times*. Consultado el 6 de septiembre de 2023. <https://www.nytimes.com/es/2021/09/07/espanol/bitcoin-el-salvador.html>.

Mankiw, N. Gregory. *Principles of economics*. 6th ed. Mason, OH: South-Western Cengage Learning, 2012.

Murillo, Javier. “Los datos son el nuevo petróleo”. *Revista Forbes México*. 6 de septiembre del 2021.

Consultado el 6 de septiembre de 2023. <https://www.forbes.com.mx/red-forbes-los-datos-son-el-nuevo-petroleo/>.

Nakamoto, Satoshi. “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System”, de Bitcoin.org (2008) 1-9.

<https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>

“Online hash calculator - Online tools”. Consultado el 6 de septiembre de 2023.

https://www.tools4noobs.com/online_tools/hash/.

Oppliger, Rolf. *Contemporary Cryptography*. Artech House Computer Security Series. Boston: Artech House, 2005.

Prince Michael von und zu Liechtenstein, H S H. “The tokenization of assets and property rights”. *Trusts & Trustees* 25, núm. 6 (el 1 de julio de 2019): 630–32. <https://doi.org/10.1093/tandt/ttz051>.

Portafolio. “Davivienda y Binance empiezan piloto de operaciones con criptomonedas” *Revista Portafolio*. Enero 20 De 2022. Acceso el 7 de septiembre del 2023.

<https://www.portafolio.co/economia/finanzas/davivienda-y-binance-empiezan-piloto-de-operaciones-con-criptomonedas-560760>

Portafolio. “Proyecto de criptomonedas volverá a presentarse en julio”. *Revista Portafolio*. Junio 26 De 2023. Acceso el 7 de septiembre del 2023.

<https://www.portafolio.co/economia/finanzas/criptomonedas-en-colombia-proyecto-se-presentara-en-julio-584966>

Ramachandra, A C, Pn Aishwarya, Aman Kumar Sharma, Aman Verma, y Ashutosh Kumar Saksham.

“A Smart Contract for Coffee Supply Chain”. En 2023 International Conference on Applied

Intelligence and Sustainable Computing (ICAISC), 1–7. Dharwad, India: IEEE, 2023.
<https://doi.org/10.1109/ICAISC58445.2023.10199528>.

Rodríguez Fernández, Maximiliano. Introducción al Derecho Comercial Internacional. Consultado el 6 de septiembre de 2023. <https://www.digitaliapublishing.com/a/68746/introduccion-al-derecho-comercial-internacional>.

Rojo, María I. “Blockchain. Fundamentos de la cadena de bloques” Ed. Ra- Ma. España (2019)., p, 39-43

Rountree, Derrick. “Cryptography”. En Security for Microsoft Windows System Administrators, 29–69. Elsevier, 2011. <https://doi.org/10.1016/B978-1-59749-594-3.00002-8>.

Simmons, Gustavus. “Symmetric and Asymmetric Encryption, Computing Surveys” Vol. 11 (2019): 318-322, https://www.princeton.edu/~rblee/ELE572Papers/CSurveys_SymmAsymEncrypt-simmons.pdf

Super Intendencia Financiera de Colombia. 20 de septiembre de 2021. “Equity Tokens no se consideran valores.” (Colombia). Concepto 2021180050-002. Consultado el 6 de septiembre de 2023.
https://xperta.legis.co/visor/legfinan/legfinan_4c4a4969145c4a1e0625cbd5bbdab0.

Szabo, Nick. “Formalizing and Securing Relationships on Public Networks”. First Monday, el 1 de septiembre de 1997. <https://doi.org/10.5210/fm.v2i9.548>.

The Law Dictionary. “TOKEN Definition & Meaning - Black’s Law Dictionary”, el 7 de noviembre de 2011. <https://thelawdictionary.org/token/>.

Valencia-Ramírez, Juan Pablo. “Derecho, tecnología e innovación: blockchain y contratos inteligentes”.

Revista de Investigación en Tecnologías de la Información 8, núm. 16 (el 18 de septiembre de 2020): 46–55. <https://doi.org/10.36825/RITI.08.16.005>.

Várez, José Luis, Eusebio Felguera, Christoph Steck, Ignacio Madrid, Óscar Lage, Dioni Nespral, Roberto Díaz, et al. “Blockchain: la revolución industrial de internet”, s/f.

Velandia, Lucy Noemy Medina. “Criptografía y mecanismos de seguridad.” Fundación Universitaria del Área Andina. (2017)

<https://digitk.areandina.edu.co/bitstream/handle/areandina/1423/Criptograf%C3%ADa%20y%20mecanismos%20de%20seguridad.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Visa Inc. “Visa optimiza la seguridad de las transacciones en línea”. 16 de abril del 2020 (Miami).

Consultado el 6 de septiembre de 2023. <https://www.visa.com.co/about-visa/newsroom/press-releases/seguridad-transacciones-en-linea.html>.

Zhao, Huawei, Wei Cui, Shouwei Li, y Ruzhi Xu. “Token Economy: A New Form Economy with Decentralized Mutual Trust and Collective Governance”. En 2019 IEEE 14th International Symposium on Autonomous Decentralized System (ISADS), 1–7. Utrecht, Netherlands: IEEE, 2019. <https://doi.org/10.1109/ISADS45777.2019.9155592>.