

# LA TECNOLOGÍA *BLOCKCHAIN* Y SU CARÁCTER INTEGRADOR DENTRO DEL NEGOCIO JURÍDICO

---

---

JHON CABALLERO MARTÍNEZ\*

## RESUMEN

La investigación concentra los aspectos teóricos del derecho de las obligaciones con los técnicos de la tecnología de cadena de bloques, para proponer que los contratos inteligentes son solo una exteriorización del consenso que perfeccionó un acuerdo previo. En esta medida, se indica que la cadena de bloques mitiga los riesgos de incumplimiento, al tratar de garantizar la eficacia del negocio jurídico con base en la propuesta de valor de la tecnología y la ejecución previsible de las prestaciones del contrato.

*Palabras clave:* *blockchain*; negocio jurídico; contratos inteligentes; contratos algorítmicos; sistemas de registro distribuido; automatización contractual.

## BLOCKCHAIN TECHNOLOGY AND THE INTEGRATIVE EFFECT ON THE LEGAL BUSINESS

## ABSTRACT

The research concentrates the theoretical aspects of the law of obligations with the technical aspects of blockchain technology, to propose that smart contracts are only an externalization of the consensus that perfected a previous agreement. To

\* Abogado, especialista en derecho comercial y asesor jurídico en transformación digital, datos personales, compra pública para la innovación y el ecosistema GovTech. Afiliación institucional: Coo Entretic S. A. S. Ciudad: Bogotá. País: Colombia. Contacto: [jhoncaballeromartinez@outlook.com](mailto:jhoncaballeromartinez@outlook.com). Fecha de recepción: 6 de marzo de 2023. Fecha de aceptación: 21 de abril de 2023. Para citar el artículo: Caballero Martínez, Jhon. “La tecnología *blockchain* y su carácter integrador dentro del negocio jurídico”, en *Revista La Propiedad Inmaterial* n.º 35, Universidad Externado de Colombia, enero-junio 2023, pp. 5-41. DOI: <https://doi.org/10.18601/16571959.n35.01>

this extent, it is indicated that blockchain mitigates the risks of non-performance by seeking to ensure the effectiveness of the legal business based on the value proposition of the technology and the foreseeable performance of the contract's deliverables.

*Keywords:* Blockchain; Legal Transaction; Smart Contracts; Algorithmic Contracts; Distributed systems of record; Contractual automation.

## INTRODUCCIÓN: ENTENDER LA TECNOLOGÍA DESDE SUS ANTECEDENTES

El surgimiento de nuevos modelos de negocio y la revolución digital en productos y servicios encuentran como antecedente la confluencia de circunstancias que agruparon el desarrollo del talento y la financiación de ideas emergentes que surgieron como respuesta a las crisis que enfrentó la humanidad en algún momento de la historia. De ahí que en esta introducción se haga una breve reseña de los antecedentes de la innovación, puesto que es gracias a dicho fenómeno que surgen los elementos necesarios para potencializar el desarrollo de la industria de la tecnología.

En una perspectiva lata, la innovación existe desde el origen de la humanidad, ya que las civilizaciones siempre tienen la necesidad de emplear creatividad para adaptarse y mejorar su bienestar mediante la invención de instrumentos o el diseño de procesos. De hecho, resulta interesante analizar que en la prehistoria las personas desarrollaron la habilidad de crear un mapa espacial del hábitat para conseguir alimento y almacenarlo de forma segura durante el invierno y, casi al mismo tiempo, descubrieron que el proceso de almacenaje podía devenir en fermentación de los azúcares de las frutas, lo que genera alcohol<sup>1</sup>.

Lo anterior, aunque elemental, presentaba una nueva forma de hacer las cosas y un beneficio para el mejoramiento de la vida en aquella etapa de la historia, en la que la incertidumbre y la escasez de alimentos eran la regla. Un poco después, se dieron cuenta de que seguir a los animales en sus migraciones les permitiría encontrar lugares más cálidos para vivir y que la caza tenía mejores resultados con la cooperación de una comunidad<sup>2</sup>.

Algunos autores también señalan que el desarrollo tecnológico no obedece a un fenómeno estrictamente instrumental, sino que es posible identificar rastros de innovación en el surgimiento de civilizaciones organizadas con asentamiento, tal como fue el caso de Mesopotamia, Egipto, el Valle del Indo y China, las cuales idearon instituciones sociales y políticas que, con el desarrollo de la cultura griega y romana, consolidaron un gobierno estable y la concepción de ciudadano dentro

1 Kooij, B. J. G. van der. *Origins of innovation: ancient (R)evolutions in perspective*. S. l.: CreateSpace Publishing, 2018.

2 *Ibid.*

de un sistema legal<sup>3</sup>. De manera que la innovación se hace manifiesta en el establecimiento de una sociedad con mecanismos de control social, infraestructura, alimento y agua, comunidades de comercio y un componente institucional en el que el gobierno, la religión y la educación conviven.

Sumada a la estructura social, la aparición de la filosofía como disciplina planteó un significativo grado de disrupción, ya que la interioridad como una relación entre el reconocimiento y la valoración personal se afianzó en la cultura y, en consecuencia, los postulados de Platón y Sócrates se extendieron rápidamente<sup>4</sup>. Sin embargo, la convergencia entre filosofía y ciencia para la Edad Media planteaba ciertas reservas y brechas, dado el respeto que tenía la sociedad por el trabajo manual de antaño y el enfoque particular que se presentó sobre las artes. Bajo dicho escenario, la innovación se convirtió en un privilegio que se preservó en los denominados “libros de secretos”, los cuales preservaban manuscritos de sabiduría y conocimiento<sup>5</sup>.

De manera paralela, se difunden las corporaciones de oficio y tanto el artesano como el aprendiz adquieren relevancia en cada uno de los procesos que tenían lugar en la agricultura, los metales, la navegación y la minería. A diferencia de los siglos pasados, se propicia la cooperación y los científicos se enfocaron en mejorar lo existente, en lugar de explicar cómo funcionan las cosas<sup>6</sup>.

No fue hasta la revolución científica en Europa, cuando la innovación adquiere una nueva preponderancia gracias a la literatura, la astronomía y una cultura renacentista que priorizó la ciencia experimental en las matemáticas y el desarrollo de la mecánica; es aquí cuando la tecnología encuentra una clara aplicación en la vida en sociedad y se convoca a las grandes mentes, tales como Tartaglia, Galileo, Stevin, Leibniz, Huygens, Torricelli, Descartes y Newton, para aplicar innovación en ámbitos de la ciencia<sup>7</sup>. A su vez, los *Principios matemáticos de la filosofía natural* presentados por Isaac Newton, plantearon la posibilidad de explicar los fenómenos físicos y los movimientos del universo, lo que creó una actividad científica

3 Drucker, Peter F. “The first technological revolution and its lessons”. *Technology and Culture*, vol. 7, n.º 2, 1966, pp. 143-300. DOI: 10.2307/3102079.

4 Scoglio, Stefano. *Transforming privacy: a transpersonal philosophy of rights*. Westport: Praeger, 1998; Caballero, Jhon & Vargas, Teresa. “La dicotomía de la ética y la legalidad de los datos personales en aplicaciones de contacto”. *Revista Brasileira de Direitos Fundamentais & Justiça*, vol. 14, n.º 1, 2020. DOI: 10.30899/dfj.v0i0.946.

5 Eamon, William. “Books of secrets in medieval and early modern science”. *Sudhoffs Archiv*, vol. 69, n.º 1, 1985. Disponible en: [https://www.jstor.org/stable/20776953?seq=1&cid=pdf-reference#references\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/20776953?seq=1&cid=pdf-reference#references_tab_contents); Multhaus, Robert P. “The scientist and the ‘improver’ of technology”. *Technology and Culture*, vol. 1, n.º 1, 1959, pp. 38-47. DOI: 10.2307/3100786. ACCORDING TO one of its leading historians, is “systematized positive knowledge.” Technology, according to another authority, is concerned with “systematic discourse about the (use-ful

6 *Ibid.*

7 *Ibid.*

importante alrededor de la tecnología en la época y la importancia de entender las manifestaciones de la física como disciplina<sup>8</sup>.

Así pues, la confluencia de la burguesía en torno al fenómeno de la Ilustración como corriente intelectual permitió la apertura científica como una expresión de la libertad y el desarrollo de obras del intelecto. La libertad se expresaba tanto en las manifestaciones artísticas, como en las discusiones de índole científica, que se enfocaron en mayor medida sobre las ciencias exactas, lo que generó una corriente de grandes pensadores que contribuirían al surgimiento posterior de invenciones a lo largo de Europa y el resto del mundo<sup>9</sup>.

Tal como lo reseña Yuval Noah Harari, el fenómeno de la ciencia y la tecnología es una cuestión reciente en la historia de la humanidad, ya que no fue hasta los siglos XVII y XVIII que se identificó cierta relación que se arraigó hasta el siglo XIX<sup>[10]</sup>. De ahí que este apartado haga referencia a la innovación como una situación de reinvención y no de transformación profunda de la sociedad con base en la tecnología.

De hecho, según reseña el reconocido historiador, las nuevas tecnologías se dieron gracias al trabajo de los artesanos que innovaron por conducto de “la prueba y el error”, pero no por lo eruditos de la época. No existía mayor interés de los gobernantes en invertir en tecnología de avanzada para el ejército o robustecer las investigaciones en ciencias, por lo que los artilleros que empleó Napoleón I en la batalla de Austerlitz de 1805 fueron similares a los que empleó Luis XVI en la monarquía, sin mayores adelantos desde el punto de vista funcional.

La transición de la Ilustración a la Revolución Industrial se vio marcada por la migración de las personas de la producción agrícola al capital, por lo que ya no se servía al señor feudal, sino que se crea una nueva estructura social basada en obreros y patronos. Para entonces, Inglaterra contaba con una organización social lo suficientemente fuerte desde el punto de vista económico y político, lo que generó un escenario propicio para facilitar el desarrollo de los factores de producción y cohesionar este propósito con las conveniencias políticas.

El primer hito cercano al desarrollo de la tecnología se encuentra en la Primera Revolución Industrial, entre 1760 y 1840, cuya característica principal fue la aceleración de la actividad inventiva y el aprovechamiento de la producción mecánica<sup>11</sup>. Fue un proceso de transformación de la industria textil británica con el diseño de artefactos para el hilado y el tejido, que se extendió durante los siguientes cien años a la fabricación de acero, la máquina de vapor y los ferrocarriles<sup>12</sup>.

8 Harari, Yuval Noah. *Sapiens. De animales a dioses*. Madrid: Debate, 2014.

9 Jones, Howard Mumford. “Ideas, history, technology”. *Technology and Culture*, vol. 1, n.º 1, 1959, pp. 20-27. DOI 10.2307/3100784.

10 *Ibid.*

11 Schwab, Klaus. *Shaping the future of the fourth industrial revolution*. New York: Penguin Random House, 2018.

12 *Ibid.*

La manifestación de la innovación, gracias a los efectos de la industrialización, permitió que las empresas se organizaran a nivel interno para mejorar su eficiencia y productividad, lo que conllevó a la creación de laboratorios de investigación apalancados en la educación y la profesionalización de la ciencia<sup>13</sup>. A modo de ejemplo, la masificación del telégrafo como canal de comunicación y del ferrocarril como medio de transporte, extendió las oportunidades para el desarrollo económico y la diversificación de bienes de valor agregado en nuevos territorios.

De hecho, la Primera Revolución Industrial significó un crecimiento económico significativo para la Europa del siglo XIX, ya que los países más ricos de la época (incluyendo a las colonias norteamericanas), reportaban un crecimiento de tan solo un 0,2 % anual, lo que ubicaba la renta per cápita en niveles que en términos actuales son considerados de extrema pobreza<sup>14</sup>. Ahora bien, con el desarrollo de la innovación hacia 1850, la tasa de crecimiento económico en los mismos países aumentó al 2 %, con una renta per cápita que crecía de forma constante, lo que incentivó a apresurar la investigación y el surgimiento de oportunidades en proyectos con base tecnológica<sup>15</sup>.

Desde el análisis jurídico, lo más importante en esta primera revolución industrial resulta ser la propiedad intelectual. Primero, con las patentes enfocadas en sectores específicos que mejoraban sus procesos de producción o transformación de materia prima en textiles, metales, agricultura, razón por la cual no es posible identificar con claridad una industria netamente basada en tecnología<sup>16</sup>. Y segundo, el secreto empresarial, para resguardar el florecimiento de la protección sobre las nuevas creaciones industriales en aquellos territorios sobre los cuales las patentes no eran un instrumento reconocido<sup>17</sup>.

Después tiene lugar la Segunda Revolución Industrial, catalogada como la “Edad Dorada” para el desarrollo económico y la urbanización de la sociedad. Para esta etapa, tienen lugar acontecimientos que innovaron en la forma como se comunican las personas y el desarrollo de la electricidad para el funcionamiento de aparatos desde el hogar, de ahí que se haga referencia a la radio, el teléfono, la televisión, la iluminación eléctrica, el motor de combustión interna para los vehículos y el avión como los elementos disruptivos entre finales del siglo XIX y principios del XX<sup>[18]</sup>. También se presentó el fenómeno químico con el aprovechamiento de

13 Pithan, David M. *Corporate research laboratories and the history of innovation*. New York: Routledge, 2022.

14 *Ibid.*

15 Schwab, *Shaping the future of the fourth industrial revolution, op. cit.*

16 Sullivan, Richard J. “The revolution of ideas: Widespread patenting and invention during the English Industrial Revolution”. *The Journal of Economic History* [en línea], Cambridge University Press, vol. 50, n.º 2, 1990, pp. 349-362. DOI: 10.1017/S0022050700036482.

17 Moser, Petra. “Patents and innovation: Evidence from economic history”. *Stanford Law and Economics Olin Working Paper* [en línea], n.º 437, 2012. DOI: 10.2139/SSRN.2180847.

18 Schwab, *Shaping the future of the fourth industrial revolution, op. cit.*; Schwab, Klaus.

plásticos termoestables y nuevos procesos para sinterizar elementos químicos, así como el surgimiento de energías renovables hacia 1950, que permitieron adoptar estrategias de mitigación para el cambio climático.

Dada la expansión de las pequeñas industrias a las grandes corporaciones, el componente jurídico para la Segunda Revolución Industrial atañe al derecho de la competencia. Se presentan en Estados Unidos los fenómenos de fusiones y adquisiciones que promueven la investigación y desarrollo a nivel empresarial, pero obligan a la intervención del Estado en la economía, lo que tiene como consecuencia medidas restrictivas de la libre competencia en términos legislativos<sup>19</sup>.

Por su parte, la Tercera Revolución Industrial se presenta entre 1960 y 1970 con ocasión de las transformaciones dadas por las nuevas formas de transmitir información. Fue una época propicia para el desarrollo de componentes que dieron lugar a los computadores y el surgimiento de una red global que conectó al mundo<sup>20</sup>.

Algunos autores refieren que también fue una etapa propensa a la automatización de los procesos de fabricación, ya que se presentaron importantes progresos en sistemas expertos para que las máquinas operaran de manera más autónoma, sin intervención humana<sup>21</sup>. Mientras que para otros, representó el nacimiento de la economía colaborativa como modelo impulsado por Internet como plataforma de acceso neutral, ya que expuso una reducción del componente industrial al facilitar el involucramiento de nuevos actores en la economía de mercado<sup>22</sup>.

Los aspectos que involucran al derecho para esta tercera ola de innovación son diversos, pero es posible señalar como los más importantes la adaptación del derecho comercial a un entorno inclinado al emprendimiento y los prosumidores, en donde el comercio electrónico y la contratación a distancia despiertan el interés de los juristas gracias a la Internet. Igualmente, se superan algunos paradigmas en la propiedad intelectual con el uso de código abierto y *software* libre, además de interrogantes sobre el uso de datos de carácter personal, lo que pone de presente un derecho fundamental al *habeas data* o la privacidad de los datos.

Bajo este análisis, los albores de la innovación durante las tres primeras etapas industriales sentaron las bases para arraigar una cuarta, la cual planteó un conjunto de transformaciones inminentes en cada uno de los aspectos de la vida en sociedad. En esta etapa, el factor diferencial resultan ser las tecnologías emergentes, que consiguieron dar forma a un nuevo estilo de vida y crearon un ecosistema en que

*Shaping the future of the fourth industrial revolution: a guide to building a better world.* Geneva: Knopf Doubleday Publishing Group, 2018.

19 Pithan, David M. *Corporate research laboratories and the history of innovation.* New York: Routledge, 2022.

20 Schwab, *Shaping the future of the fourth industrial revolution, op. cit.*

21 Forschungsunion & Acatech. *Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0.* Fráncfurt: s. e., 2013.

22 Corrales Compagnucci, Marcelo; Forgó, Nikolaus; Kono, Toshiyuki *et al.* *Legal tech and the new sharing economy.* S. l.: Springer, 2021.

el componente basado en investigación y desarrollo funge como fuerza exógena para determinar el futuro de la humanidad.

Así las cosas, en la Cuarta Revolución Industrial se trata de dejar de ver a la tecnología como una simple herramienta y definir estrategias en la que tenga el potencial de influir positivamente en las personas y organizaciones<sup>23</sup>. De ahí que se planteara el impulso por el desarrollo de sistemas digitales y el aprovechamiento de la difusión de información gracias a la expansión de la Internet.

Desde entonces, la tecnología planteó la creación de productos, servicios y procesos con un enfoque inteligente, en el cual el aprovechamiento de los datos, la automatización y la conectividad presentaron un escalamiento con mayores complejidades que el que se dio en el siglo pasado<sup>24</sup>. De hecho, esta Cuarta Revolución Industrial es la única que encuentra un surgimiento explícito en la historia, ya que fue en la Feria de Hannover, Alemania, cuando surgió la discusión sobre una posible industria 4.0, en 2011, entendida como aquellos avances tecnológicos que impactan en las cadenas de valor de las organizaciones; el desenvolvimiento de este tópico también presentó influencia en Francia, lugar en el que se acogió la terminología “*Industrie du Futur*” en 2015 para reseñar la transformación digital de las empresas<sup>25</sup>.

Por ello, comúnmente se asocia a esta revolución con el florecimiento de la confianza digital y la visión de futuro apoyada en la interoperabilidad para el funcionamiento e interrelación de sistemas<sup>26</sup>. La idea de una red global que facilitara el intercambio de información implicó adoptar principios de transparencia y libertad, de modo que cualquier dispositivo, equipo, plataforma o tecnología debía tener la posibilidad de conectarse o vincularse con otros sin generar mayor fricción informática.

También se hizo necesario potencializar las habilidades para el talento digital y es la razón por la cual, a lo largo de la primera década del siglo XXI, la tendencia en materia de política pública fue la apropiación digital y el despliegue de redes de telecomunicaciones para facilitar el acceso. Luego, con el surgimiento de esta Cuarta Revolución Industrial, la apropiación digital se enfocó en tecnologías emergentes y en el estímulo a habilidades vinculadas a la programación y el desarrollo de software.

La afluencia de estos cambios es denominada por algún sector como las transformaciones de la sociedad volátil, incierta, compleja y ambigua (sociedad VUCA),

23 Schwab, Klaus. *La cuarta revolución industrial*. Madrid: Debate, 2016.

24 Forschungsunion & Acatech, *Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0*, op. cit.

25 Tinmaz, Hasan. “History of industrial revolutions: from homo sapiens hunters to bitcoin hunters”. En: Rodrigo da Rosa Righi, Antonio Marcos Alberti & Madhusudan Singh (eds.), *Blockchain technology for industry 4.0*. Singapore: Springer, 2020. DOI: 10.1007/978-981-15-1137-0.

26 Khanna, Pooja y Kumar, Sachin. “Engineering 4.0: future with disruptive technologies”. En: Rodrigo da Rosa Righi, Antonio Marcos Alberti y Madhusudan Singh (eds.), *Blockchain technology for industry 4.0* (pp. 131-147). Singapore: Singapore, 2020. DOI: 10.1007/978-981-15-1137-0\_7.

como un término referido a innovaciones tecnológicas, denominadas tecnologías disruptivas, cuya característica es presentar nuevas e inesperadas posibilidades de cambio<sup>27</sup>. En este sentido, el término VUCA involucra un enfoque de gestión que se ajusta a la disrupción y enfrenta la imprevisibilidad de la Cuarta Revolución Industrial, que obliga a las empresas a adoptar procesos de ingeniería de la redundancia para reducir la incertidumbre y cumplir con las complejidades que surgen en el mercado<sup>28</sup>.

Parte de la incertidumbre que manifestó la Cuarta Revolución Industrial se basa en la manera como se trata la información, su capacidad de replicabilidad y la necesidad de intermediarios que exige el mundo digital. Este es un elemento natural al surgimiento de la Internet, ya que se requiere de un servidor central que facilite el acceso a la información y que esté operando de manera continua y permanente, pero con ocasión de la aceleración tecnológica surgió una nueva tecnología que promete reinventar la confianza gracias a la combinación de tecnologías convergentes que tuvieron lugar años atrás.

La cadena de bloques o tecnología *blockchain* conforma una base de datos que acude a elementos técnicos que garantizan transparencia, integridad y seguridad, de modo que es posible salvaguardar la información de una forma en la que nunca había podido hacerse. Si bien el antecedente más cercano que se tiene a blockchain parte de los criptoactivos, esta investigación propone abordar otra de las disciplinas en las que presenta un gran impacto, como lo es el negocio jurídico. En esta medida, el escrito pretende acercar al lector a los aspectos conceptuales de la tecnología de cadena de bloques, en aras de proporcionar un acercamiento al contexto técnico, para luego resolver el interrogante sobre cuál es el impacto que tienen los contratos inteligentes basados en tecnología blockchain en la interpretación y cumplimiento de los contratos.

Lo anterior, toda vez que se trata de una tecnología en tendencia que, a juicio de este autor, no reemplaza la doctrina tradicional del derecho de las obligaciones, sino que surge en el contexto de la evaluación tecnológica para servir de instrumento en la garantía de la eficacia del negocio jurídico, al dejar atrás la esperanza de confiar en la buena fe y garantizar ciertos efectos en la ejecución del contrato. De ahí que se haga necesario comenzar desde las bases de la teoría general de las obligaciones para proponer que la tecnología funge como una extensión en la ejecución de las prestaciones contraídas entre las partes, en cuyo caso se requiere hacer precisiones conceptuales sobre los principios naturales del derecho privado y la evolución técnica que presenta la cadena de bloques en la conformación de contratos inteligentes.

<sup>27</sup> *Ibid.*

<sup>28</sup> Irizar, José. "Digital technology deployment in multi-national enterprises". En: Martin George Wynn (ed.), *Handbook of research on digital transformation, industry use cases, and the impact of disruptive technologies*. Hershey: IGI Global, 2022. DOI: 10.4018/978-1-7998-7712-7.CH002.



En esta medida, se aborda la tecnología blockchain en sí misma, para luego analizar sus particularidades, haciendo énfasis en los contratos inteligentes como una de las fuentes para contraer obligaciones, en donde se migra de contratos que están compuestos de átomos de papel a unos que se componen de los bits de información. La cadena de bloques permite que se plasmen prestaciones en lenguaje de programación, lo que facilita la automatización de los procesos y garantiza el cumplimiento de lo pactado. Sin embargo, no es cierto que esto transforme el derecho de las obligaciones, por lo que se hace una serie de reflexiones que permiten ver desde un punto de vista jurídico y técnico el impacto que tiene en la sociedad y cómo la tecnología blockchain se integra como apoyo a la particular dinámica del negocio jurídico.

## I. CONSIDERACIONES PRELIMINARES SOBRE LAS OBLIGACIONES

La doctrina ha presentado de distintas formas e interpretaciones la obligación como la existencia de una prestación jurídica asociada a un comportamiento, desde la concepción romana<sup>29</sup>. La premisa original sobre la obligación implica la existencia de un *iuris vinculum* como “un vínculo de derecho, por el que somos constreñidos con la necesidad de pagar alguna cosa según las leyes de nuestra ciudad”<sup>30</sup>. Es decir, la obligación suponía la existencia de una sujeción, cuyo rompimiento está supeditado al cumplimiento de la prestación.

Sin embargo, las tendencias modernas de la obligación desconocen este carácter fundante y se interpreta a la obligación jurídica como vínculo a modo de facultad que surge respecto de una relación jurídica, entendida como un nexo entre dos sujetos, que es regulada por el derecho y respecto de la cual se manifiestan normas, costumbres o tradiciones<sup>31</sup>. De ahí que la doctrina señale que el vínculo que surge de la obligación es una cuestión de deber y responsabilidad, mas no de coacción<sup>32</sup>.

Desde dicho análisis, la obligación es definida como un ligamen o vínculo que en derecho implica una relación jurídica entre dos sujetos, de la cual se espera un comportamiento que se traduce en una prestación<sup>33</sup>. La obligación sugiere una conducta del deber de actuar del deudor en favor del acreedor, siendo esta susceptible de valoración económica y predicando una posición de certeza sobre la ocurrencia de algunos hechos que resultan ser el objeto de la obligación y la prestación que le acompaña<sup>34</sup>.

29 Grosso, Giuseppe. *Las obligaciones. Contenido y requisitos de la prestación*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia, 2011.

30 Justiniano. *Institutas*. 3.13.

31 Hinestrosa, Fernando. *Tratado de las obligaciones: concepto, estructura, vicisitudes*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia, 2008.

32 Grosso, *Las obligaciones, op. cit.*

33 Hinestrosa, *Tratado de las obligaciones, op. cit.*

34 Savigny, M. *Le droit des obligations*. Paris: Libraire-Editeur, 1863.

Aunado a ello, la tradición romana reseña que las obligaciones surgen de un contrato, un delito o por cierto derecho propio<sup>35</sup>, lo que delimitó la tripartición de las obligaciones en *dare*<sup>36</sup>, *facere*<sup>37</sup> y *praestare*<sup>38</sup> que llegan hasta la actualidad. De hecho, tal como lo señala el profesor Fernando Hinestrosa, la “prestación puede consistir tanto en un acto (positiva) como en una abstención (negativa), proyectable aquel en la entrega de un bien o en la atribución de un derecho real sobre él por tradición (dar o *dare rem*), o en un servicio (hacer)”<sup>39</sup>.

Lo anterior, para entender que los contratos se distinguen de obligaciones contraídas por una cosa, por palabras, por escrito o por el consentimiento, en donde es relevante distinguir la diferencia entre un vínculo común y un vínculo jurídico como aquella coercibilidad que el derecho expone para exigir el cumplimiento de la prestación debida, lo que pone en evidencia un aspecto patológico en la obligación que es el incumplimiento<sup>40</sup>. Ahora bien, debido a que las prestaciones decantan un carácter social y económico para el intercambio de bienes y servicios en el tráfico jurídico, el derecho de las obligaciones no puede permanecer estático, sino que, por el contrario, las normas que regulan el objeto y ejecución deben ser dinámicas y acordes con la cotidianidad.

En consecuencia, para algunos resulta más apropiado referirse al negocio jurídico como el ejercicio de la autonomía privada y su reconocimiento como representación de un acto con el potencial de generar efectos jurídicos necesarios y suficientes para consolidar intereses en torno a un encuentro de voluntades<sup>41</sup>. En tal sentido, se abre la posibilidad de conformar normas jurídicas atribuidas a las partes por la ejecución de la declaración de su voluntad y dicho carácter prescriptivo es reconocido por el ordenamiento.

La teoría del negocio jurídico expone un componente de disposición de intereses desde una visión sociológica de la autorregulación que va más allá del derecho. Es decir, la voluntad compone el proceso del negocio jurídico en virtud de la autonomía privada, pero está fuera del ordenamiento jurídico hasta tanto se convierta en una voluntad declarada<sup>42</sup>. La regulación de intereses es lo que importa, motivo

35 Justiniano. *Digesto*.14,7,1; Gayo. *La instituta de Gayo*. Madrid: Imprenta de la Sociedad Literaria y Tipográfica, 1845. Lib III, VII, 88.

36 Para hacer referencia a derechos reales respecto de la entrega de la cosa y la transferencia de la propiedad o posesión.

37 La estipulación de hacer para todos los demás comportamientos que pueden configurar la prestación de una obligación. Involucra el *non facere* como la abstención de no hacer.

38 Una tercera categoría que puede indicar tanto *dare* como *facere* para algunos autores, obligaciones de carácter delictual o que involucran garantías en la prestación.

39 Hinestrosa, *Tratado de las obligaciones*, op. cit., p. 57.

40 Medicus, Dieter. *Tratado de las relaciones obligacionales*. Barcelona: Librería José M. Bosch, 1995.

41 Hinestrosa, Fernando. *Tratado de las obligaciones II. De las fuentes de las obligaciones: negocio jurídico*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia, 2015.

42 Betti, Emilio. *Teoría general del negocio jurídico* (2.ª ed.). España: Editorial Revista de Derecho Privado, 1983.

por el cual la voluntad está en un segundo plano, puesto que lo que interesa es la finalidad práctica de la manifestación de dicha voluntad.

En resumen, el negocio jurídico comporta la declaración de la voluntad de acuerdo a una concepción individualista y no se limita al querer, sino a la revelación de un estado de ánimo que evidencia un estado psíquico interno que se exterioriza en una entidad autónoma dada mediante un medio de expresión acorde a derecho<sup>43</sup>. En otras palabras, hay un nexo entre la voluntad y su declaración que permite identificar la naturaleza de su contenido en la declaración y no basta con la simple relación, sino que requiere un ánimo que vaya más allá de lo complementario, instrumental o comunicativo; la declaración no puede ser producto de la indecisión de una conducta que no represente un contenido perceptible en el mundo fenomenológico.

De acuerdo con lo expuesto hasta ahora, los particulares acuden a instrumentos de diversa índole para que de su iniciativa privada emerjan fines prácticos, en donde destaca el negocio jurídico como conformación de actos que vinculan intereses recíprocos para la satisfacción de intereses económicos sociales, tal como lo señala Emilio Betti en los siguientes términos:

Los particulares mismos en sus relaciones recíprocas proveen a la satisfacción de las necesidades propias según su libre apreciación mediante cambio de bienes o servicios, asociación de fuerzas, prestación de trabajo, préstamo o aportación común de capitales, etc. La iniciativa privada es el mecanismo motor de toda conocida regulación recíproca de intereses privados<sup>44</sup>.

De acuerdo con el autor, la diferencia entre contrato y negocio jurídico es el reconocimiento de una función social trascendente y el vínculo de conciencia social que conlleva a contraer relaciones bilaterales. Por ello, resultan actos jurídicos que regulan intereses y configuran actos de autonomía privada basados en la autodeterminación. Lo que se puede evidenciar entonces es que el negocio jurídico considera la disposición de intereses como un aspecto plenamente natural del mundo fenomenológico para la conformación de relaciones económico-sociales que responden a la esfera individual de los particulares, los cuales son un acontecimiento natural al hecho de vivir en sociedad, en tanto que la circulación de bienes y servicios implica el desarrollo de relaciones entre individuos que trascienden al negocio jurídico como instrumento al servicio de la autonomía privada basado en el derecho subjetivo.

En tal sentido, la buena fe adquiere trascendencia en la celebración de negocios jurídicos, puesto que impone “el respeto a la palabra dada y atribuye a esta valor

43 *Ibid.*

44 *Ibid.*, p. 40.

vinculante en la consideración social<sup>45</sup>. No es otra cosa que aquella imposición del ordenamiento jurídico de respetar la palabra dada y adecuar el comportamiento a las prestaciones pactadas, so pena de una sanción que mitiga el incumplimiento.

No en vano el artículo 1603 del Código Civil señala que los contratos deben ejecutarse de buena fe, lo que implica atender a dicho comportamiento en la etapa precontractual, durante el *iter* contractual y sin solución de continuidad frente a todas las cosas que emanan de la naturaleza de la obligación. Tal como lo señala Martha Neme al citar a Cicerón, la buena fe se manifiesta

en las cosas fundamentales de la vida social, y que vincula al principio con deberes de honestidad, de probidad, de consideración de los intereses de la contraparte y por ende de colaboración y de solidaridad, de claridad, de diligencia, de equilibrio, de reciprocidad y de lealtad, entre otros muchos, que conducen a vedar el abuso del derecho o el enriquecimiento sin causa, todas reglas que emanan del principio de buena fe, lejos de diluir el principio de buena fe en una norma moral abstracta, hace que por el contrario lo concreten en valores objetivos determinados por la riqueza de las reglas que emanan de la buena fe, que no admiten discrecionalidad alguna, pues el propio juez en su aplicación está sometido a los preceptos del principio determinados por la riqueza de las reglas que emanan de la buena fe, que no admiten discrecionalidad alguna, pues el propio juez en su aplicación está sometido a los preceptos del principio.

De manera que, lo que propone la buena fe es actuar con probidad y compromiso respecto del valor de la palabra dada. Se trata de adecuar el comportamiento a lo pactado en el negocio jurídico y mantener la debida diligencia de conformidad con la naturaleza jurídica de las prestaciones y sus alcances.

Ahora bien, vale la pena traer a colación que para los países de tradición romano germánica hay una importante prevalencia del principio del *solus consensus obligat* en el sistema de fuentes, de acuerdo con el cual las partes se comprometen entre sí por el solo consentimiento y, salvo estipulación legal, por lo que el principio de libertad de formas permite a las partes seleccionar la forma con la cual exterioriza su voluntad. En estos términos, es menester que dicho encuentro de intereses sea evidenciado de alguna forma perceptible por los sentidos, tal como lo señala el artículo 854 del Código de Comercio, cuando indica que se hace necesario la necesidad de un hecho inequívoco<sup>46</sup>.

No obstante, se presenta la duda sobre si el contenido del contrato reposa sobre la autonomía privada de las partes o sobre la forma que estas escogieron, de suerte que se exhibe un enfrentamiento entre el consensualismo y el formalismo,

45 *Ibid.*, p. 42.

46 Fortich, Silvana. “*Solus consensus obligat*: principio general para el derecho privado de los contratos”. *Revista de Derecho Privado*. Uniwersytet Slaski. Wydział Matematyki, Fizyki i Chemii, vol. 7, n.º 23, 2012, pp. 179-195. DOI: 10.2/JQUERY.MIN.JS.

en el que autores como Silvana Fortich señalan, al citar a Von Ihering, que hay una relación entre voluntad y forma que no resulta contradictoria, toda vez que la forma es dirigida por la libertad que permite llegar a un medio, pero el acuerdo se perfecciona en virtud de la sola manifestación de voluntades internas<sup>47</sup>.

En esta medida, “las artes serían libres para crear reglas de forma y someter la validez de un contrato consensual a su respeto”<sup>48</sup>, razón por la que el contrato existe desde que las partes se ponen de acuerdo en los elementos necesarios para que este surja a la vida jurídica, pero puede ser complementado o apoyado por el medio de exteriorización escogido para definir los detalles del acuerdo. En términos prácticos, la necesidad de escoger una forma de exteriorización que refuerce la aplicación del consenso se aplica para mitigar el riesgo del incumplimiento, de modo que lo declarado por quienes participan en el contrato adopte la categoría de negocio jurídico con plenos efectos y no constituya un mero hecho jurídico.

La posibilidad de plasmar lo acordado por un mecanismo idóneo para tal fin proporciona mayor seguridad jurídica sobre el cumplimiento, mientras que facilita eludir la materialización de cuestiones relativas a la inexistencia o ineficacia del negocio jurídico, ya que un medio escrito, por ejemplo, describe quiénes se obligan, el contenido de las prestaciones, las características comunes a dicho contrato, pero la interpretación del mismo es susceptible de ser llevada al operador judicial en caso de conflicto.

Pese a lo dicho hasta ahora, aún con la existencia del principio de buena fe y la exaltación del consenso, es posible incumplir un contrato y llevarlo a sede judicial para que el juez declare que este no atiende a una definición legal (inexistencia), que no cumplió los requisitos necesarios para llamar a cumplir efectos (invalidez o nulidad), que se halla sometido a una condición suspensiva que se vio alterada (ineficacia) o no puede producir efectos respecto de alguien (inoponibilidad)<sup>49</sup>. Esto propone la necesidad de complementar la teoría del negocio jurídico con formas de exteriorización de las obligaciones que estén llamadas a garantizar la eficacia del contrato y a reducir la probabilidad de incumplimiento.

Así pues, en aprovechamiento de la relación del consensualismo con la libertad de formas, es posible acudir a medios técnicos que no solo propendan por la particular naturaleza dinámica del negocio jurídico, sino que favorezcan que las prestaciones del acuerdo resulten efectivas en términos previsibles y acordados en el marco de la manifestación de la autonomía privada.

47 *Ibid.*

48 Fortich, Silvana. *Formalismo contemporáneo y protección del consentimiento contractual*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia, 2018, p. 101.

49 Hinestrosa, Fernando. “Eficacia e ineficacia del contrato”. *Revista de Derecho de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso*, octubre de 2010. Disponible en: <https://revistaschilenas.uchile.cl/handle/2250/26850>.

## II. EL NEGOCIO JURÍDICO Y LA APLICACIÓN DEL PRINCIPIO DE EQUIVALENCIA FUNCIONAL

La identificación de manifestaciones de la autonomía privada encuentra dificultades de exteriorización en un entorno digital, puesto que a diferencia de los negocios jurídicos presenciales, no es fácil asignar una calificación a un clic o verificar la identidad de las partes, tal como ocurriría en el despliegue de palabras, movimientos, gestos o silencio de un negocio jurídico presencial<sup>50</sup>.

Al respecto, la doctrina encontró como solución aplicar a los medios magnéticos la interpretación del carácter representativo o declarativo del documento, que se convirtió en el denominado principio de equivalencia funcional, de acuerdo con el cual “[n]o se negarán efectos jurídicos, validez o fuerza obligatoria a todo tipo de información por la sola razón de que esté en forma de mensaje de datos”<sup>51</sup>. Sin embargo, se hizo necesario acudir a los instrumentos de armonización internacional para dar cabida al fenómeno del Intercambio Electrónico de Datos (EDI) y otorgar a la información generada, enviada, recibida, almacenada o comunicada por medios electrónicos la naturaleza jurídica de mensaje de datos<sup>52</sup>.

Poco después, la jurisprudencia señaló que dicha equivalencia funcional expuso un “[...] régimen jurídico consonante con las nuevas realidades en que se desarrollan las comunicaciones y el comercio”<sup>53</sup>. Empero, si bien la Ley Modelo sobre Comercio Electrónico de la Comisión de las Naciones Unidas para el desarrollo del Derecho Mercantil Internacional (CNUDMI), que inspiró la Ley 527 de 1999, presentó respuestas sobre el intercambio y reconocimiento electrónico de datos, nada se mencionó sobre los servidores, intermediarios o plataformas que cumplen un rol de confianza para la celebración de un contrato.

Así pues, se presenta la consolidación de relaciones jurídico-negociales en entornos algorítmicos que no pertenecen a las partes. Es decir, en los contratos electrónicos las partes no se hacen del medio de expresión contractual que figura como manifestación de la autonomía, sino que estos se encuentran bajo la gestión de terceros intermediarios dentro del contexto de la economía digital, verbigracia la infraestructura de tecnologías de la información en la nube, que es cada vez más robusta y se encuentra bajo la tutela de un tercero ajeno a las partes<sup>54</sup>.

50 Betti, *Teoría general del negocio jurídico*, op. cit.; Hinestrosa, *Tratado de las obligaciones II*, op. cit.

51 Congreso de la República de Colombia. *Ley 527 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. Artículo 5.

52 Carrascosa López, Valentín. “Valor probatorio del documento electrónico”. *Informática y Derecho: Revista Iberoamericana de Derecho Informático*, vol. 8, 1995.

53 Corte Constitucional de Colombia. *Sentencia C-662 de 2000*. Magistrado ponente: Fabio Morón Díaz.

54 Ruparelia, Nayan. *Cloud computing*. Massachusetts: MIT Press, 2016.

Pero el uso de herramientas tecnológicas para dotar de confianza al negocio jurídico no es un asunto extraño, pues las investigaciones sobre encriptación de clave pública y privada a mediados del siglo XX consolidaron las primeras nociones de *lex cryptographica*, lo que se convirtió más adelante en la firma digital y el estampado cronológico<sup>55</sup>. No obstante, el problema ineludible ha sido que las tecnologías no son neutrales, o dicho de otro modo, hay probabilidad de injerencia por parte de terceros en cada uno de los algoritmos que involucran productos y servicios digitales<sup>56</sup>.

Desde esta idea, las relaciones jurídico-negociales en el ciberespacio resultan mucho más complejas que las del mundo analógico, ya que no es usual que se celebren contratos entre partes de forma directa, sino que se hace presente un tercero de confianza que media para garantizar que ese acuerdo, pactado mediante un mensaje de datos, se va a cumplir. Dicho de otro modo, la confianza de una parte reposa en la plataforma que media para perfeccionar el acuerdo, mas no en la contraparte que se presenta al otro extremo de la relación.

### III. LA TECNOLOGÍA DE CADENA DE BLOQUES Y LA COMPLEJIDAD DE SU CONCEPTUALIZACIÓN

La tecnología blockchain constituye uno de los mayores avances de la ciencia en los últimos años al ser considerada una “caja a prueba de manipulaciones”, cuyas virtudes se alcanzaron gracias a la integración de una serie de tecnologías que combinan el intercambio de paquetes de datos, la red *peer to peer*, la criptografía y el *test de Turing* para dotar una base de datos de autenticidad, seguridad y no repudio<sup>57</sup>.

No resulta sencillo definir la tecnología blockchain, en tanto que su visión es diversa respecto del campo de aplicación que le involucre. Sin embargo, *grosso modo*, es vista como una “base de datos digital compartida y sincronizada que se mantiene mediante un algoritmo y se almacena en múltiples nodos”<sup>58</sup>. Es decir, se trata de una innovación que integra procesos de automatización a la gestión de registros, para que, mediante una suerte de consenso en comunidad, se validen operaciones de manera distribuida y sin intermediarios.

55 May, Timothy C. *The crypto anarchist manifesto* [en línea], 1988. [Consultado el 1 de mayo de 2020]. Disponible en: <http://groups.csail.mit.edu/mac/classes/6.805/articles/crypto/cyberpunks/may-crypto-manifesto.html>.

56 Zwitter, Andrej & Hazenberg, Jilles. “Cyberspace, blockchain, governance: how technology implies normative power and regulation”. En: Benedetta Cappiello & Gherardo Carullo (eds.), *Blockchain, law and governance*. Cham: Springer, 2020.

57 De Filippi, Primavera & Wright, Aaron. *Blockchain and the law: the rule of code*. Massachusetts: Harvard University Press, 2018.

58 Finck, Michèle. “Blockchains, law and technological innovation”. En: *Blockchain regulation and governance in Europe* [en línea] (pp. 142-181). Cambridge: Cambridge University Press, 2018. DOI: 10.1017/9781108609708.006.

Sin embargo, este concepto aún resulta vago respecto al verdadero potencial que expone la tecnología de cadena de bloques, ya que la noción se conforma en virtud del desarrollo de las tecnologías que le anteceden. De manera que conviene hacer una breve síntesis del desarrollo tecnológico del siglo XX para poder entender y comprender cómo se llega a blockchain y por qué resulta de relevancia en el marco de la Cuarta Revolución Industrial.

#### A. LA CONMUTACIÓN DE PAQUETES Y EL PROTOCOLO DE CONTROL DE TRANSMISIÓN/PROTOCOLO DE INTERNET (TCP/IP)

Para comenzar, hay que indicar que los desarrollos en materia de interconectividad de computadores —nodos— con el fin de migrar de la conmutación de circuitos a la conmutación de paquetes, resultaron ser de vital importancia para el desarrollo del ecosistema que rige actualmente el sector de las telecomunicaciones<sup>59</sup>. La teoría de la conmutación de paquetes permitió que se creara una arquitectura de red abierta mediante el Protocolo de Control de Transmisión / Protocolo de Internet (TCP/IP), el cual propendió por facilitar el transporte de los datos de información por cualquier medio de transmisión, de manera que ya no era necesario conformar un circuito para consolidar la comunicación entre un nodo u otro.

En consecuencia, surgió Arpanet y más adelante Internet, como una tecnología que revolucionó la forma en la que la sociedad se comunica, al establecer “medios por los cuales los mensajes se dividen en paquetes discretos para enviarlos por separado y luego reorganizarlos cuando se reúnen nuevamente en el sitio de destino”<sup>60</sup>. En palabras coloquiales, los datos que envían de un lugar a otro se descomponen en pequeños paquetes que viajan en cualquiera de los múltiples canales que Internet provee y se reorganizan al llegar al lugar de destino.

#### B. LA CRIPTOGRAFÍA

Una de las preocupaciones que surgió en sincronía con el avance de las comunicaciones fue la importancia de conservar la privacidad del contenido de la información transmitida, razón por la cual el movimiento criptográfico moderno pretendió “el estudio de técnicas matemáticas para asegurar la información digital, los sistemas y los cálculos distribuidos contra los ataques”<sup>61</sup>. De ahí que surgiera el sistema

59 Leiner, Barry M.; Cerf, Vinton G.; Clark, David D. *et al. Brief history of the Internet*, [en línea], 1997. Disponible en: <https://www.internetsociety.org/internet/history-internet/brief-history-internet/>

60 Keefer, Alice y Baiget, Tomas. “How it all began: a brief history of the Internet”. *VINE*. MCB UP Ltd., vol. 31, n.º 3, 2001, pp. 90-95. DOI: 10.1108/03055720010804221.

61 Katz, Jonathan y Lindell, Yehuda. *Introduction to modern cryptography*. London: CRC Press, 2021, p. 1.



de clave público-privada como un mecanismo para alcanzar la privacidad sin la necesidad de compartir una clave común privada<sup>62</sup>.

Es así como Whitfield Diffie y Martin Hellman desarrollaron una investigación que sugirió dar una nueva dirección a la criptografía en razón de la multiplicación de números primos. De acuerdo con lo indicado por los autores, el problema de la factorización señala que es posible multiplicar números primos grandes, pero muy difícil recuperar estos mismos números en el proceso de razonamiento inverso<sup>63</sup>. Es decir, es viable crear protocolos seguros que permitan ofrecer una clave criptografía pública común, ya que resulta fácil llegar a ella, pero difícil descomponerla matemáticamente<sup>64</sup>.

A su vez, Ron Rivest, Adi Shamir y Len Adleman proponen el problema RSA basados en el protocolo teórico de intercambio de claves Diffie-Hellman, para señalar que la propuesta planteada tiene el potencial de simplificar la distribución y almacenamiento de claves secretas, por lo que crean el esquema de encriptación de clave pública-privada como una revolución en la criptografía<sup>65</sup>.

Gracias a este avance científico que enfatiza sobre la importancia de las matemáticas en la tecnología, surgieron los mecanismos de firma digital y firma electrónica previstos en la Ley Modelo de la CNUDMI sobre Comercio Electrónico, que fueron integrados al ordenamiento colombiano en la Ley 527 de 1999. El sistema de clave público-privada permitió que fuera posible “firmar” digitalmente por medios electrónicos, bajo el supuesto de autenticación del emisor y del receptor en la transmisión de mensajes de datos que tienen lugar en la arquitectura de red abierta de Internet<sup>66</sup>.

### C. LAS REDES *peer to peer*

La noción del ciberespacio impulsó una serie de progresos que buscaron complementos al Protocolo TCP/IP para hallar nuevas formas de enviar mensajes de datos por canales más seguros e independientes. En consecuencia, surge el protocolo de transferencia de correo simple (SMTP), el protocolo de transferencia de archivos (FTP) y el protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP), los cuales hicieron

62 El sistema criptográfico de clave privada requería la distribución de claves comunes entre los usuarios, lo que presentaba el inconveniente de filtración e inaplicación de sistemas de software libre.

63 Churchhouse, Robert. *Codes and ciphers: Julius Caesar, the enigma, and the Internet*. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.

64 La inspiración de este nuevo mecanismo criptográfico surgió bajo la idea de que un candado requiere de su llave para ser abierto, pero no se exige para cerrarlo.

65 Katz & Lindell, *Introduction to modern cryptography, op. cit.* El modelo propuesto hace uso de la factorización de números primos, pero aplicando un triple de algoritmos probabilísticos de tiempo polinómico.

66 Rivest, R. L.; Shamir, A. & Adleman, L. “A method for obtaining digital signatures and public-key cryptosystems”. *Communications of the ACM* [en línea]. ACM PUB27, New York, vol. 21, n.º 2, 1978, pp. 120-126. DOI: 10.1145/359340.359342.

uso de las vías cimentadas por Internet para proponer nuevos modelos técnicos de comunicación<sup>67</sup>.

Pese a lo anterior, el diseño de la red global a mediados de la década de 1990 funcionaba bajo el modelo de cliente-servidor, lo que significa que era necesario que un usuario (nodo) se vinculara con un servidor (nodo), con el fin de acceder a la fuente de información o que este sirviera como intermediario para contactarle con otro usuario (nodo). Por ello la comunidad ideó una nueva arquitectura de red distribuida denominada *peer to peer* (P2P) para prescindir de nodo intermediario, es decir el servidor, y permitir que los mismos participantes de la red compartieran sus propios recursos<sup>68</sup>.

El modelo P2P abrió camino a la posibilidad de recursos compartidos, de manera que cada uno de los usuarios (entendidos como nodos dentro de la red) pueda compartir la potencia de procesamiento, la capacidad de almacenamiento y la capacidad de enlace de sus dispositivos dentro de la red sin requerir de intermediarios<sup>69</sup>. En otras palabras, el esquema *peer to peer* buscaba aminorar el modelo de cliente-servidor al proponer un modelo cliente-cliente, en el cual los mismos nodos sirvieran de servidor distribuido a modo de pares<sup>70</sup>.

#### D. EL TEST DE TURING

A la par de los avances en materia de infraestructura de red, comienza a darse un escenario propicio para el crecimiento de la industria tecnológica como resultado de la Segunda Guerra Mundial. De hecho, se trató del acontecimiento que originó el desenvolvimiento de la automatización de las máquinas de cara al mejoramiento de la artillería antiaérea, por lo que aparecen las primeras nociones de inteligencia artificial y el concepto de automatismo cibernético.

Una vez terminada la guerra, la inteligencia artificial se constituye como una disciplina desde 1950, la cual se enfocó en la construcción de *software* y *hardware* en lo que se denomina el *good old-fashioned artificial intelligence* (GOFAI). Si bien la inteligencia artificial de la época se enfocó en el diseño de sistemas expertos, hasta la actualidad se mantienen vigentes los postulados proyectados por Alan Turing en 1956, quien para responder a la pregunta ¿pueden las máquinas pensar?, expuso el “juego de imitación” conocido como el Test de Turing<sup>71</sup>. De conformidad con

67 De Filippi & Wright, *Blockchain and the law*, *op. cit.*

68 Schollmeier, Rüdiger. “A definition of peer-to-peer networking for the classification of peer-to-peer architectures and applications”. En: *Proceedings – 1st International Conference on Peer-to-Peer Computing, P2P 2001* [en línea]. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2001, pp. 101-102. DOI: 10.1109/P2P.2001.990434.

69 *Ibid.*

70 De aquí surgieron populares servicios como Napster y Ares, que plantearon problemas desde la aplicación de los derechos de autor en el contexto digital, así como el desarrollo de lo que actualmente se conoce como *torrents* en servicios como Gnutella y BitTorrent.

71 Floridi, Luciano. *Philosophy and computing: an introduction*. London and New York: Routledge, 1999.

lo señalado por Turing, para establecer si una máquina es inteligente, se requiere entrevistar a la máquina en contraste con una persona. Si para el entrevistador resulta difícil identificar quién es la máquina y quién es la persona, se estaría ante un caso en el cual la máquina (o el robot) desarrolló tal grado de autonomía que se estaría ante un caso de identidad indiscernible<sup>72</sup>.

Hasta el momento no existe un algoritmo que haya podido superar las expectativas en aplicación del Test de Turing, más la metodología ha sido aplicada en diversos escenarios digitales para corroborar la identidad humana en el marco de la interacción de un cliente con un servidor. Por consiguiente, la industria hace referencia a *Proof-of-Work Functions to Stop Spam* como un juego de imitación para determinar si el usuario que desea acceder a un producto o servicio en Internet es en efecto una persona o un robot destinado a aprovechar las vulnerabilidades de un sistema para realizar *spam*<sup>73-74</sup>.

Es relevante entender la noción del Test de Turing, ya que constituye el antecedente para lo que se convertiría en la prueba de trabajo o *proof of work* dentro de la tecnología blockchain, puesto que una forma de hacerle frente a la vulnerabilidad que expone la tecnología es exigir un esfuerzo por parte de los usuarios (o nodos) de la red.

#### IV. UNA APROXIMACIÓN A LA DEFINICIÓN DE BLOCKCHAIN

De acuerdo con lo expuesto, una forma sencilla de ilustrar lo que implica esta tecnología es mediante el análisis de sus particularidades, en tanto que “comparten cuatro características principales: almacenamiento descentralizado de datos (un libro de contabilidad público de registros de transacciones), cifrado, inmutabilidad y un algoritmo de consenso”<sup>75</sup>. Algunos autores extienden la conceptualización en una serie de principios esenciales, de los cuales se destaca: la integridad de la red, el poder distribuido, el valor como incentivo, la seguridad, la privacidad, derechos preservados y la inclusión<sup>76</sup>.

<sup>72</sup> *Ibid.*

<sup>73</sup> Mühl, Gero & Weis, Torben. “How to configure proof-of-work functions to stop spam”. En: *Conference: Sicherheit 2005: Sicherheit - Schutz und Zuverlässigkeit, Beiträge der 2. Jahrestagung des Fachbereichs Sicherheit der Gesellschaft für Informatik* [en línea]. Distributed Systems Research Group, 2005. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/221307223\\_How\\_to\\_Configure\\_Proof-of-Work\\_Functions\\_to\\_Stop\\_Spam](https://www.researchgate.net/publication/221307223_How_to_Configure_Proof-of-Work_Functions_to_Stop_Spam).

<sup>74</sup> Una forma cotidiana de ver cómo funciona un Test de Turing en su expresión más básica es cuando se le pide al usuario validar una serie de caracteres de difícil lectura que figuran en la pantalla antes de acceder a un producto o servicio en línea. Es conocido como *Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart* (CAPTCHA) y tiene como propósito mitigar los programas automáticos o *bots* dentro de la red.

<sup>75</sup> Endemann, Buck; Wladawsky-Berger, Irving; Lapointe, Cara & Yen, Hugo. *Technology factsheet: blockchain*. Boston: Belfer Center for Science and International Affairs, Harvard Kennedy School, 2020, p. 1.

<sup>76</sup> Tapscott, Don & Tapscott, Alex. *La revolución blockchain: descubre cómo esta nueva tecnología transformará la economía global* (Juan Salmerón Arjona, trad). Barcelona: Deusto, 2017.

Pero debido al rápido despliegue y alcance económico social, la definición y las características se han quedado cortas respecto al estado de la técnica de la *Distributed Ledger Technology* (DLT) y la evolución del mercado. Así pues, “hay una cantidad significativa de confusión sobre lo que realmente es blockchain, cómo crea valor, y si es un criptoactivo”<sup>77</sup>, de ahí que valga la pena hacer claridad que los criptoactivos fungieron como el primer prototipo de cadena de bloques, pero esta tecnología no se limita a ellos.

De hecho, la doctrina ha identificado que la tecnología de cadena de bloques expone una diversidad de aplicaciones, de las cuales se destaca el uso del protocolo en aspectos de tecnología financiera y criptoactivos, el diseño de algoritmos especializados para la automatización y la estructuración del código para lograr la eficiencia y coordinación en aplicaciones externas<sup>78</sup>. De ello se puede determinar que, si bien la cadena de bloques se popularizó por la trazabilidad de transacciones cuantitativas entre usuarios de una misma red, los nuevos prototipos de esta tecnología “adoptan la idea de ejecutar programas arbitrarios definidos por el usuario en la cadena de bloques, creando así un expresivo sistema de contratos inteligentes descentralizados”<sup>79</sup>.

Por lo general, los registros de información son almacenados en un solo servidor, y esto significa que un solo computador contiene el registro de las operaciones de una compañía y dicha circunstancia permite que el poseedor del registro lleve a cabo modificaciones o que su sistema pueda ser vulnerado. Aún en el esquema tradicional, las copias de seguridad pueden llegar a verse tan expuestas como el registro original en consideración a su replicabilidad. Por ello, la cadena de bloques propone ser un registro de información descentralizado, un registro que almacena datos y que no reside en un solo servidor, sino que el registro se distribuye a cualquiera que esté dispuesto a hacer parte de la red y convertirse en una copia fiable.

Las operaciones se acumulan durante determinado tiempo y se agregan a un bloque que se une a una cadena de bloques anteriores; cada bloque almacena determinado número de transacciones en consideración al lapso que llevó su creación. La cadena con el conjunto de operaciones está garantizada a través de tecnología de encriptación que dificulta agregar operaciones fraudulentas a la red; cuando la encriptación de un bloque no corresponde con la cadena es rechazado por los otros nodos de la red.

A modo de ejemplo, se puede imaginar que un grupo de personas cuenta con un libro individual, y que todas las transacciones que se llevan a cabo entre el grupo

77 Holbrook, Joseph. *Architecting enterprise blockchain solutions*. S. l.: Sybex, 2020, p. 2.

78 Swan, Melanie. *Blockchain: blueprint for a new economy*. Sebastopol: O'Reilly Media, 2015.

79 Kosba, Ahmed; Miller, Andrew; Shi, Elaine *et al.* “Hawk: The blockchain model of cryptography and privacy-preserving smart contracts”. En: *Proceedings - 2016 IEEE Symposium on Security and Privacy, SP 2016* [en línea]. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 16 de agosto de 2016, p. 1. DOI: 10.1109/SP.2016.55.

son anotadas en cada uno de los libros de las personas de forma simultánea; esto significa que todos tienen la información de todas las transacciones en tiempo real. Si una de las personas decide borrar alguna de las transacciones de su libro, este no coincidirá con el de la mayoría y será excluido. De esta manera, las operaciones que se dan en una cadena de bloques son ordenadas y almacenadas en un bloque que se enlaza al anterior, registra el momento exacto en que se llevan a cabo, evitando que sean alteradas, lo que implica que se pueden hacer cualquier tipo de operaciones y el registro funcionará en tiempo real, mientras que se reducen los costos de infraestructura<sup>80</sup>.

Algunos autores han clasificado a la cadena de bloques por generaciones, tal como se hizo con la Internet: la versión de la blockchain 1.0 hace referencia a las operaciones de valor (como bitcoin), la blockchain 2.0 hace énfasis en los contratos inteligentes, a modo de registros computacionales que automatizan prestaciones, y la blockchain 3.0 se relaciona con servicios que trascienden a la Internet de las cosas (IoT) o metaverso. En esencia, la blockchain es una lista organizada de bloques y los bloques son contenedores de datos: a cada dato del libro mayor se le asigna un valor que debe coincidir con los datos de las operaciones previas, por lo que,

una vez creada, la transacción es firmada con la firma del iniciador de la transacción, que indica la autorización para gastar el dinero, crear el contrato o pasar los parámetros de los datos asociados a las transacciones. Si la transacción firmada se forma correctamente, es válida y contiene toda la información necesaria para ser ejecutada.

La transacción se envía a un nodo conectado a la red blockchain, que sabe cómo validar la transacción. Las transacciones no válidas se descartan, mientras que las transacciones válidas se propagan a otros tres a cuatro otros nodos conectados, que validan aún más las transacciones y las envía a sus pares hasta que la transacción llega a cada nodo en la red<sup>81</sup>.

De acuerdo con la descripción técnica, es evidente que la tecnología de cadena de bloques combina la criptografía presente en las firmas digitales con los avances en redes *peer to peer* para conformar una base de datos que cuenta con características de seguridad e inmutabilidad. Por ello es que el concepto de blockchain resulta ambiguo y cambiante, ya que su alcance y definición se circunscribe al diseño técnico y aplicación.

En resumen, la tecnología blockchain es una base de datos distribuida que registra información de forma cronológica y pública, lo cual permite identificar

80 Tapscott & Tapscott, *La revolución blockchain*, op. cit.

81 Xu, Xiwei; Pautasso, Cesare; Zhu, Liming et al. "The blockchain as a software connector". En: *Proceedings - 2016 13th Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture, WICSA 2016* [en línea]. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., julio de 2016, p. 2. DOI: 10.1109/WICSA.2016.21.

características de transparencia y confianza gracias a la existencia de una red de nodos. El concepto delimitado para esta tecnología puede variar dependiendo de la óptica de quien estudia. A modo de ejemplo, para los ingenieros se asocia a una estructura de datos compartida e inmutable; para el comercio, a una red para intercambiar valor, o para los abogados, a un registro sustentado por múltiples nodos que es resistente a la corrupción para los profesionales del derecho<sup>82</sup>.

Al final, la cadena de bloques se asimila a la naturaleza jurídica de un software de arquitectura distribuida que no cuenta con un punto de integración central de control, ya que funciona como un conector cuyos atributos son el rendimiento y la calidad resultantes<sup>83</sup>. Se presenta como sistema computacional por medio de códigos de programación que, junto con encriptación y algunas particularidades propias al objetivo del diseño, conforman una red descentralizada y distribuida. Así mismo ocurre en los contratos inteligentes, ya que además de lo mencionado, se trata de un conector de software que sirve de mecanismo de interacción para los componentes, en tanto que permite la comunicación, la coordinación, la conversión y facilitación de los datos con los objetos del mundo exterior<sup>84</sup>.

En la red de *blockchain 2.0*, además de tener la capa de conector de los datos del sistema, se cuenta con la capa de aplicación en el mundo exterior; esta última requiere de la integración de una API como servicio de comunicación y coordinación en la ejecución de la operación<sup>85</sup>. Por lo general, la API se da a través de un oráculo, el cual facilita información externa para integrarla dentro de la misma cadena de bloques. En últimas, un árbitro puede evaluar las transacciones y firmarlas como validación, si no se cuenta con una API.

## V. LOS CONTRATOS INTELIGENTES

Los criptoactivos son solo el comienzo de blockchain, en tanto que el diseño del protocolo permitió adaptar la arquitectura para desarrollar contratos inteligentes mediante aplicaciones descentralizadas (DAApps) y organizaciones autónomas descentralizadas (DAOS)<sup>86</sup>. En lugar de buscar la descentralización de los pagos, la cadena de bloques aplicada en contratos busca la descentralización de los mercados, de forma tal que sea posible registrar, transferir y confirmar cualquier clase de cosa

82 Caballero, Jhon; Osorio, María & Villamil, Laura. *Guía de referencia para la adopción e implementación de proyectos con tecnología blockchain para el Estado colombiano* [en línea], 2022. Disponible en: [https://gobiernodigital.mintic.gov.co/692/articles-272783\\_recurso\\_1.pdf](https://gobiernodigital.mintic.gov.co/692/articles-272783_recurso_1.pdf).

83 Xu, Xiwei; Weber, Ingo & Staples, Mark. *Architecture for blockchain applications*. Cham: Springer International Publishing, 2019. DOI: 10.1007/978-3-030-03035-3\_1.

84 *Ibid.*

85 La interfaz de programación de aplicaciones (API) es un conjunto de elementos, funciones y procedimientos para diseñar programación orientada a objetos; se utiliza para construir programas de computación o aplicaciones dirigidas a dispositivos.

86 Xu, Weber & Staples, *Architecture for blockchain applications*, *op. cit.*

o bien<sup>87</sup>. En esta medida, hay que diferenciar las apreciaciones que se hacen sobre blockchain desde su análisis técnico y su desarrollo jurídico, en tanto que se hace referencia a contratos inteligentes diseñados desde la órbita de la programación, cuya valoración difiere del desarrollo que se tiene en derecho privado sobre la materia.

Los contratos resaltan dentro de la doctrina como una de las fuentes para contraer obligaciones, son reconocidos por el ordenamiento jurídico como una de las formas para manifestar la disposición de intereses, cumpliendo una función económico social, en tanto que buscan establecer una relación jurídica de carácter patrimonial<sup>88</sup>. Sobre esto, Pothier consideró que antes de abordar lo que es un contrato, es necesario entender lo que es una convención, entendida como “el consentimiento de dos o más partes, para formar entre ellas algún compromiso, o para resolver uno existente, o modificarlo”<sup>89</sup>. De esta manera, a través del concurso real de voluntades entre dos o más partes surge una obligación que puede expresarse a través de un contrato.

Tradicionalmente, los acuerdos de voluntades se dan de forma verbal o escrita, y cuando hay desacuerdos sobre el cumplimiento de una obligación contractual, es necesario acudir al sistema judicial para resolver el conflicto. No obstante, las tecnologías de la información y las comunicaciones han facilitado nuevos medios para plasmar hechos jurídicos en donde las partes acuerdan consecuencias jurídicas.

El primer ejemplo de cómo se trastornaron los medios a través de los cuales las personas llegan a convenios es el comercio electrónico: los contratos se transformaron y el perfeccionamiento de la voluntad se empezó a dar a través de clics en una pantalla; apareció la noción de términos y condiciones y se abrió un mundo de posibilidades gracias a las negociaciones a distancia. De la misma forma, ha sucedido con los títulos valores, a tal punto que hoy es posible referirse a la desmaterialización de estos instrumentos.

Es así como en razón de la masificación de las tecnologías de la información, se presenta una dinamización en la manera como se realizan acuerdos a lo largo de la historia. La implementación de la tecnología blockchain en los contratos garantiza la integridad del pacto y la reducción de eventuales litigios por incumplimiento, tal como lo señalan Tapscott y Tapscott en los siguientes términos:

Los contratos siguen estando hechos de átomos (papel), no de bits (informática). Por eso mismo tienen grandes limitaciones y sólo sirven para documentar un acuerdo [...] Si los contratos fueran informáticos, si fueran inteligentes y estuvieran distribuidos en una blockchain, podrían abrir un mundo de posibilidades, entre ellas la de facilitar que las empresas colaboraran con recursos externos<sup>90</sup>.

87 Swan, Melanie. *Blockchain*. California: O'Reilly Media, 2015.

88 Hinestrosa, *Tratado de las obligaciones II*, op. cit.

89 Pothier, Robert. *Tratado de las obligaciones*. Buenos Aires: Atalaya, 1947, p. 12.

90 Tapscott & Tapscott, *La revolución blockchain*, op. cit., p. 154.

En ese orden de ideas, se han desarrollado redes de blockchain con una expresividad más extensa del lenguaje que se emplea en el protocolo de Bitcoin, a fin de establecer comunicación entre transacciones programadas y cosas conectadas a la red<sup>91</sup>. A diferencia de los contratos que hoy se dan mediante la Internet, los contratos inteligentes dirigidos en una cadena de bloques se ejecutan de forma automatizada, prescindiendo de cualquier agente intermediario para su cumplimiento.

Lo anterior no significa una disrupción en la teoría del negocio jurídico sino una evolución, tal como lo señala Daniel Peña: “Los contratos electrónicos a los contratos inteligentes es una etapa más dentro de la evolución de esa nueva forma de contratación y no una real ruptura”<sup>92</sup>. En esta medida, esto no significa que la automatización lleve a prescindir de los abogados, puesto que los contratos inteligentes, tal y como se ejecutan ahora, se centran en transacciones simplistas de pago y transferencia de titularidad, que son fácilmente asimilables a un código informático en los términos de *if-then*. Sin embargo, frente a contratos que presentan cláusulas más complejas, la codificación no está en capacidad de abordar la flexibilidad o el raciocinio que implican principios como el *venire contra factum proprium non valet*, la buena fe exenta de culpa o los ajustes en caso de un desequilibrio<sup>93</sup>.

Una vez dadas dichas salvedades, se debe señalar que la primera noción de contrato inteligente llegó hace más de 16 años por parte de Nick Szabo, al desarrollar Digicash, una tecnología similar a la cadena de bloques. Entonces se definió un *smart contract*

[como] un conjunto de promesas, incluidos los protocolos dentro de los cuales las partes cumplen otras promesas. Los protocolos generalmente se implementan con programas en una red informática o en otras formas de electrónica digital, por lo que estos contratos son más inteligentes que sus antecesores en papel. El uso de inteligencia artificial no está implicado<sup>94</sup>.

Luego, con la aparición del protocolo Bitcoin y de Ethereum como primera infraestructura destinada a *smart contracts*, la definición ha tenido que ser complementada:

91 Xu, Weber & Staples, *Architecture for blockchain applications*, *op. cit.*

92 Peña, Daniel. “De los contratos web a los contratos inteligentes. Perspectivas y prospectiva”. En: *Blog Derecho de los Negocios* [en línea], 2018. [Consultado el 5 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://dernegocios.uexternado.edu.co/prospectiva/de-los-contratos-web-a-los-contratos-inteligentes-perspectivas-y-prospectiva/>

93 Dimatteo, Larry A.; Cannarsa, Michel & Poncibò, Cristina. “Smart contracts and contract law”. En: Larry A. Dimatteo, Michel Cannarsa & Cristina Poncibò (eds.), *The Cambridge handbook of smart contracts, blockchain technology and digital platforms*. Cambridge: Cambridge University Press, 2019.

94 González, Glenda. “Nick Szabo definió los conceptos básicos de blockchain 14 años antes de su lanzamiento”. En: *Criptonoticias* [en línea], 4 de abril de 2018. [Consultado el 5 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://www.criptonoticias.com/comunidad/adopcion/nick-szabo-definio-conceptos-basicos-blockchain-14-anos-antes-lanzamiento/>.



Un contrato inteligente es un acuerdo que se establece entre dos o más partes, pero que tiene como condición que es capaz de ejecutarse y hacerse cumplir por sí mismo [...] No solamente las personas pueden beneficiarse de ellos, sino que es posible establecer acuerdos entre máquinas<sup>95</sup>.

De otro lado, en los términos del lenguaje de programación Solidity, un *smart contract* es “una colección de código (sus funciones) y datos (su estado) que reside en una dirección específica en la cadena de bloques de Ethereum”<sup>96</sup>, lo que demuestra un enfoque claramente técnico y disímil respecto a los anteriores.

Así pues, un contrato inteligente es un acuerdo de voluntades entre dos o más personas, quienes deciden hacer uso de un lenguaje de programación para la ejecución de algunas de las cláusulas del contrato, y ello implica que su ejecución sea de forma automática y que el cumplimiento o incumplimiento de los términos tendrá consecuencias específicas. La relación contractual cuenta con la intervención de un sistema electrónico descentralizado, el cual busca que algunos elementos de dicho negocio jurídico nazcan, se ejecuten y extingan dentro de la red asociada al registro descentralizado.

Hay conceptos que se refieren al contrato inteligente como “aquellos contratos celebrados a través de una página web accesible para las partes cuya forma está constituida por la interfaz de usuario de la aplicación externa y uno o varios programas autoejecutables”<sup>97</sup>; no obstante, sigue siendo un concepto incompleto, porque un contrato inteligente se puede celebrar a través de componentes lógicos fuera de la red tradicional.

Si bien se les ha denominado “contratos inteligentes”, debido a la vulgarización del término “*smart*” para referirse a elementos con un fuerte impacto tecnológico, pueden emplearse otras acepciones como contratos de contabilidad distribuida<sup>98</sup>, contratos de riesgos distribuidos, contratos algorítmicos, libros distribuidos, entre otros. Al respecto, Peña aseveró lo siguiente:

El concepto de contrato inteligente o *Smart contract* puede en ocasiones ser banalizado por el uso común de la palabra inteligente que hace relación hoy en día [...] Más acertado —o por lo menos más descriptivo— puede ser referirse a los contratos algorítmicos, es decir, a las relaciones jurídicas en las cuales los algoritmos permiten un grado o nivel de automatización en las distintas etapas de formación, ejecución y cumplimiento del contrato. En ese sentido, el algoritmo como conjunto de instruc-

95 Márquez Solís, Santiago. *Bitcoin. Guía completa de la moneda del futuro*. S. l.: Ediciones de la U, 2016, p. 388.

96 Solidity. *Documentación de Solidity* [en línea]. [Consultado el 5 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://solidity-es.readthedocs.io/es/latest/index.html>.

97 Tur Faúndez, Carlos. *Smart contracts: análisis jurídico*. Madrid: Reus, 2018, p. 140.

98 En inglés, *Distributed Ledger Technology* (DLT) o *Distributed Stock Ledgers*.

ciones en código de computación permite que las actividades sometidas a esas reglas sean más eficaces, automáticas y rápidas en su ejecución<sup>99</sup>.

De manera que la tecnología de cadena de bloque viene a complementar el ejercicio de la autonomía privada, para que una vez declarada la voluntad de las partes se transcriban dichas prestaciones en código entendible por el algoritmo de la cadena de bloques y no se pueda deshacer. Dicho de otro modo, “El elemento de código del contrato inteligente se convierte en una parte inseparable del contrato legal. No hay posibilidad de diferenciar entre el código y la parte pertinente del contrato escrito, ya que son una y la misma”<sup>100</sup>.

De conformidad con este análisis, es posible señalar que para acudir a un contrato inteligente se requiere que previamente confluya el consenso entre las partes, de suerte que la cadena de bloques viene a convertirse en un medio de exteriorización de las condiciones del acuerdo, pero no configura el negocio jurídico en sí. En esta medida, el propósito de acudir a un *smart contract* no es otro que garantizar por medios técnicos la eficacia del negocio jurídico y evadir fenómenos de inexistencia, invalidez o nulidad, toda vez que se ha compilado y ejecutado el código informático no se puede deshacer, en virtud de lo previsto por la integridad de la cadena de bloques.

En consecuencia, un contrato desde óptica del algoritmo es una colección de código y datos que son almacenados en una dirección específica dentro de la cadena de bloques, lo que no es óbice para que se extraigan consecuencias jurídicas del mismo<sup>101</sup>. Es decir, el código surge en el mundo fenomenológico, pero carece de contenido, lo que deviene en un hecho, más no en un acto o negocio jurídico. Es posible redactar un “contrato inteligente” en la red de Ethereum con la palabra *hola* y que ello sea validado mediante el mecanismo de consenso de la red, más no tiene relevancia para el derecho porque no existe una consecuencia jurídica para dicho hecho.

Algunos autores se han acercado a un concepto técnico-jurídico de contrato inteligente mediante el desarrollo de soluciones digitales nacidas del fenómeno de la criptoanarquía. El autor Nick Szabo define un contrato inteligente como “un

99 Peña, Daniel. “Smart contracts: el contrato inteligente como concepto jurídico”. En: *Blog de derecho de los negocios* [en línea], 24 de julio de 2018. [Consultado el 5 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://dernegocios.uexternado.edu.co/prospectiva/smart-contracts-el-contrato-inteligente-como-concepto-juridico/>

100 ISDA & Linklaters. *Whitepaper: Smart contracts and distributed ledger – A legal perspective* [en línea], agosto de 2017, p. 16. [Consultado el 10 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.isda.org/2017/08/03/smart-contracts-and-distributed-ledger-a-legal-perspective/>

101 Solidity. “Introduction to Smart Contracts”. En: *Solidity Documentation* [en línea]. [Consultado el 22 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://docs.soliditylang.org/en/develop/introduction-to-smart-contracts.html>

conjunto de promesas, especificadas en forma digital, que incluyen protocolos dentro de los cuales las partes cumplen estas promesas”<sup>102</sup>.

De acuerdo con ello, la definición que interesa al derecho privado es aquella que se limita a interpretar la cadena de bloques como aquella tecnología que permite regular las relaciones humanas mediante disposiciones registradas en un algoritmo<sup>103</sup>. El código de programación cumple una función instrumental para prescindir de cualquier clase de intermediación y migrar de los registros centralizados a una nueva forma de estructurar información relevante para la consolidación de la disposición de intereses<sup>104</sup>.

De ahí que la práctica mercantil que rige la interacción en línea se haya inclinado por el diseño de figuras centralizadas que brindan mayor confianza y ofrecen soluciones técnicas para la constatación del consentimiento, pero con ocasión de la cadena de bloques, es posible incorporar un modelo de gobernanza en el encuentro de intereses, por lo que los contratos inteligentes apoyados en esta tecnología proponen la desintermediación de servicios y una apertura algorítmica compatible con organizaciones autónomas descentralizadas (DAO)<sup>105</sup>.

Resulta preciso aclarar que no hay una transformación sustancial en las reglas clásicas de los contratos para la suscripción de un contrato inteligente, ya que se compone de hechos complejos<sup>106</sup>, requiriendo que exista:

(i) Una red de blockchain donde las partes estén claramente identificadas y en donde cada una cuente con una clave privada que permita cotejar su identidad y la manifestación del consentimiento.

(ii) Una identificación pública dentro de la red, la cual no tiene que ser una identificación expresa de las partes para la realización del contrato, sino que basta con que el sistema certifique que la contraparte cuenta con el activo o dato parte de la operación.

(iii) Una aplicación que permita ejecutar los comandos que serán parte del acuerdo<sup>107</sup>, para activar o desactivar el activo en caso de que no se cumplan las condiciones pactadas.

Asimismo, es un contrato de tracto sucesivo, puesto que cada comando que se ejecuta constituye un hecho separado y distinguido dentro de la línea de tiempo;

102 Szabo, Nick. *Smart Contracts: Building blocks for digital markets* [en línea], 1996. [Consultado el 22 de marzo de 2021]. Disponible en: [https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart\\_contracts\\_2.html](https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart_contracts_2.html)

103 Cappiello, Benedetta & Carullo, Gherardo. “Introduction: The challenges and opportunities of blockchain technologies”. En: *Blockchain, law and governance*. Cham: Springer, 2021, p. 2.

104 Caballero Martínez, Jhon. *Criptomonedas, blockchain y contratos inteligentes*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia, 2019, p. 80.

105 Zwitter & Hazenberg, “Cyberspace, blockchain, governance”, *op. cit.*, p. 93.

106 Puesto que se requiere de una transformación en el mundo fenomenológico para que se perfeccionen las consecuencias del acuerdo.

107 Entiéndase registro público de propiedades o acceso remoto al activo.

se trata de un contrato atípico que no es aún reconocido por el ordenamiento, pero que se espera sea reconocido de forma socialmente típica por su crecimiento e implementación en el reconocimiento social, alcanzando una de tutela por parte del operador judicial.

Algunos ejemplos prácticos de contratos inteligentes serían los siguientes.

(i) *En la compra de derechos ligados a la propiedad intelectual o a la transferencia de información*: A constituye un contrato inteligente, en donde el activo “licencia X” está sujeta de manera permanente a la programación que la “licencia X” va a ser liberada bajo ciertas condiciones. Si B quiere obtener la “licencia X” debe cumplir con las condiciones impuestas dentro del contrato. Cuando B cumple las condiciones (como la transferencia del valor en dinero de la licencia), el algoritmo verificará que el saldo ha sido recibido en la cuenta de A y le comunicará al contrato original que entregue la “licencia X” a B.

(ii) *Frente al alquiler de un automóvil automatizado*: A tiene una flota de automóviles destinados al alquiler, estos son operados por una llave digital o huella digital. Si B quiere alquilar uno de estos automóviles tendrá que otorgar un anticipo a B a cambio del uso del vehículo por un tiempo determinado. Una vez se han determinado los términos por cada una de las partes, el sistema blockchain de B, que maneja su sistema de pagos, envía los fondos destinados para el alquiler a la cuenta de A, y cuando el sistema identifica el pago, elige un automóvil conforme a las preferencias del usuario y habilita el uso de la llave o huella digital de B. Sin embargo, si B tenía que pagar de forma periódica y se atrasa en sus pagos de alquiler, el sistema podría retirar el acceso de la llave de B e incluso deshabilitar el vehículo de forma remota.

Por otro lado, el contrato inteligente podría involucrar a agentes no humanos en el *sinlagma* obligacional, pero en todo caso la máquina que represente a uno de los extremos de la relación contractual debió ser diseñada, programada y puesta en marcha por un agente humano, quien detenta la responsabilidad correspondiente<sup>108</sup>. No obstante, la suscripción del contrato inteligente por un ser humano o una máquina es irrelevante, en tanto que al plasmarse el acuerdo en la arquitectura de la cadena de bloques se constituye un acto jurídico en sentido amplio, no importa la presencia del hombre, sino cómo el agente al contar con los permisos y credenciales correspondientes aborda un comportamiento que expresa por medio de la ejecución automática del acuerdo.

108 Aún no se llega a un acuerdo global sobre el reconocimiento de una personería jurídica a la inteligencia artificial, por lo que la determinación de la responsabilidad y los inconvenientes contractuales deben ser analizados en cada caso en concreto.

## VI. ALGUNAS PARTICULARIDADES RESPECTO DE LOS CONTRATOS TRADICIONALES E INTELIGENTES

Es imperativo hacer algunas precisiones en cuanto al carácter de forma del contrato inteligente y los parámetros establecidos en el derecho para definir un acuerdo de voluntades.

En primer lugar y en virtud de la libertad de escoger el medio de expresión contractual, los contratos legalmente inteligentes no constituyen una figura de contratación autónoma, se trata de un medio de expresión de fórmulas contractuales diferente al papel, pues no cuenta con una función económico-social propia, sino que esta se determina dependiendo del negocio jurídico que acuerden las partes. Por ejemplo, es posible llevar a cabo un contrato de compra-venta, cuya función económico social sea el intercambio de bienes, expresado a través de la ejecución automática de códigos informáticos en la red de blockchain y esto no contraviene las normas imperativas, puesto que la compraventa se perfecciona con el consenso de las partes, con excepción de algunos de bienes. En otras palabras, el intercambio de criptomonedas por medio de una cadena de bloques de cualquier índole constituye un contrato de compraventa, el cual es expresado a través de un contrato inteligente.

Además, es posible determinar un contrato legalmente inteligente como una forma diferente al papel, porque las partes tienen libertad de escoger el medio de expresión contractual; es la manera de que el acuerdo no solo es *ab sustancian actus* sino *ad probationem*, y así las partes pueden revisar el contenido de su obligación y garantizar su cumplimiento. Es una reafirmación del artículo 243 del Código General del Proceso de 2012, el cual reconoce a los mensajes de datos como documentos y del artículo 5 de la Ley 527 de 1999, donde no se negarán efectos jurídicos, validez o fuerza obligatoria a una manifestación de voluntad u otra declaración por la sola razón de haberse hecho en forma de mensaje de datos.

El hecho de que un extremo de la relación contractual utilice su clave privada para enviar un valor o información a una dirección pública proporcionada por el otro extremo de la obligación, constituye una expresión de su voluntad, perceptible a través de una actuación, lo cual es un comportamiento que es socialmente relevante dentro de la red de blockchain, siendo interpretado como un evento contractual.

En segundo lugar, al configurarse una red descentralizada que convierte las acciones de cumplimiento del contrato en reglas informáticas con consecuencias claras, no es necesario conocer la identidad de las partes dentro del contrato<sup>109</sup>, por lo que el negocio jurídico en estos términos se despersonaliza, sin dejar de ser un comportamiento socialmente relevante, ya que se trata de un acto jurídico cuyo acuerdo de voluntades se plasmó en un comportamiento algorítmico. En

109 Aunque el ser parte de la red —como uno de los nodos— sí podría exigir una identificación con el fin de cumplir con las normativas legales.

esta instancia, es menester aclarar que “los contratos inteligentes que este sistema establezca exigirán que las partes cumplan con sus compromisos”<sup>110</sup>, de tal modo que este tipo de contratos no deben convertirse en un medio para atentar contra la legalidad<sup>111</sup>.

En tercer lugar, los contratos inteligentes están sujetos al principio de relatividad de los contratos, lo que significa que “no se permite que los sujetos negociales dispongan de intereses ajenos sin estar legitimados para ello, y menos que les impongan obligaciones a quienes no las asumieron”<sup>112</sup>. Es por ello que se debe procurar garantizar la exclusividad de uso sobre la clave privada, con el propósito de verificar que las partes de un contrato inteligente sí sean quienes dicen ser y detenten los derechos correspondientes a la ejecución de la obligación.

En cuarto lugar, el argot contractual ha distinguido entre la voluntad interna y la declaración de la voluntad, para indicar que la voluntad interna se refiere a la intención del sujeto por beneficiarse u obligarse a través de una prestación, mientras que la declaración es un medio a través del cual la voluntad interna llega al conocimiento de terceros. En los contratos inteligentes, la expresión de los términos en lenguaje de programación constituye una extensión de la declaración, de modo que las partes acuerdan llevar su acuerdo a un medio técnico, cuya forma es reconocida por la publicación del contrato en un sistema blockchain en ejercicio de principio de libertad contractual. El juez no podrá agregar nada distinto de lo que esté expresamente incluido en el convenio original, es decir, lo especificado en la ejecución del blockchain.

Cabe destacar que los sistemas descentralizados que sirvan de base para los contratos inteligentes deben contemplar las leyes de orden público, los usos y las costumbres para que los acuerdos cumplan con los requisitos exigidos en materia legal; es posible establecer ciertos parámetros dentro del algoritmo inicial de la red, con el objetivo de verificar que se cumplan con los requisitos para obligarse en los términos que el artículo 1502 del Código Civil de 1873 expresa y no se convierta en un medio para sanear arbitrariamente nulidades<sup>113</sup>.

De igual manera, las partes pueden convenir, previo a la celebración del contrato inteligente, redactar una carta de instrucciones o una promesa de contrato donde especifiquen cuál es el fin del acuerdo, permitiendo distinguir una declaración de la voluntad previa a la constitución de un acto jurídico en sí mismo.

En quinto lugar, la mayor disrupción que surge entre las reglas generales de las obligaciones y los contratos inteligentes está en la modificación y terminación del contrato por parte de los contrayentes de la obligación, considerando que una

110 Tapscott & Tapscott, *La revolución blockchain*, op. cit.

111 Algunos han encontrado en los contratos inteligentes una forma de llevar a cabo evasión fiscal.

112 Hinestrosa, *Tratado de las obligaciones II*, op. cit., p. 485.

113 Esto es que las partes sean legalmente capaces, que consientan en dicho acto su consentimiento, que no adolezca de vicio, que recaiga sobre un objeto y causa lícita.

vez plasmada la voluntad de las partes en el código de programación, el contrato es inalterable, de manera que si se acude a la cadena de bloques para la conformación del contrato, se estaría renunciando a la facultad que tienen las partes de terminar el contrato por mutuo acuerdo. Tampoco sería posible invalidarlo o anularlo, salvo que se haya establecido en el código un comando de ejecución automatizado que admita una facultad discrecional de retractación, en cuyo caso el operador judicial tendrá que acudir al subrogado pecuniario.

En cuanto a esto último, algunos podrían interpretar que esta inflexibilidad dentro de la cadena de bloques constituiría una infracción al artículo 1602 del Código Civil, en tanto que invalidar el consentimiento mutuo o por causas legales es ir en contravía de una norma de orden público. Es por ello que las partes que acudan a un sistema distribuido para la celebración del contrato tendrán que ser conscientes de que renuncian expresamente al derecho de invalidación del acuerdo<sup>114</sup>, bajo el entendido de que “el consentimiento de las partes es el hecho determinante que desencadena el inicio de la ejecución automática, por lo que el *smart contract* debe permanecer en estado latente, hasta que reciba un mensaje de datos indicador de su aceptación”<sup>115</sup>. Por ende, el contrato inteligente debe prever la aceptación de la forma contractual que describe los términos de manera clara y consciente.

## VII. REFLEXIONES FINALES

El concepto de Distributed Ledger Technology (DLT) como forma de almacenar información y la tecnología blockchain como una de sus aplicaciones resulta insuficiente, porque se requiere adentrar a los interesados en los aspectos técnicos que le conciernen. Se trata tal vez de la tecnología más compleja de la Cuarta Revolución Industrial, por lo que no basta con entender los aspectos conceptuales, sino que es menester abordar sus antecedentes y sus tecnologías subyacentes.

En esencia, la tecnología blockchain es una base de datos distribuida que combina la criptografía y la tecnología *peer to peer* para ofrecer características de seguridad e inmutabilidad en el registro de información. Esto permite la transparencia y confianza en las transacciones gracias a una red de nodos descentralizada, pero esta noción puede variar respecto de su alcance y campo de estudio. En términos jurídicos, se puede asimilar a un software de arquitectura, toda vez que se compone de código de programación, que no cuenta con un punto de integración central de control, ya que funciona como un conector cuyos atributos son el rendimiento y la calidad resultantes.

De dichas características técnicas surgen los contratos inteligentes, que se convierten en una extensión del negocio jurídico al servir como una forma contractual

114 Se constituye como un elemento de obligación de información, de acuerdo con la naturaleza de la forma en la cual se plasmará el acuerdo.

115 Tur Faúndez, *Smart contracts: análisis jurídico*, op. cit., p. 62.

válida para ejecutar un acuerdo de voluntades entre dos o más personas, quienes deciden hacer uso de un lenguaje de programación para la ejecución de ciertos elementos del contrato. Esto implica que parte de su ejecución sea de forma automática y que el cumplimiento o incumplimiento de los términos tendrá consecuencias específicas.

Pese a lo anterior, es preciso mencionar que los contratos inteligentes se basan finalmente en un presupuesto anterior, que es la vigencia del consensualismo para el encuentro de interés, motivo por el cual la cadena de bloques actúa como una plataforma que exterioriza las condiciones del acuerdo, pero no constituye el negocio jurídico en sí mismo. El propósito de los contratos inteligentes es garantizar la eficacia del negocio jurídico y evitar la inexistencia, invalidez o nulidad del mismo, gracias a la implementación de medidas técnicas que aseguran la integridad de lo pactado. Una vez que el código informático ha sido escrito y ejecutado, no puede ser deshecho debido a la naturaleza inmutable de la cadena de bloques, razón por la cual las partes deben ser conscientes de las consecuencias y de que renuncian a ciertas facultades unilaterales.

Desde esta interpretación, aunque el código informático es una manifestación fenomenológica, carece de contenido para generar un acto o negocio jurídico. En esta medida, este tipo de contratos inteligentes son una forma de ejecutar un contrato tradicional, de suerte que las reglas aplicables al contrato inteligente son las mismas que se dan en la doctrina del derecho de contratos. No obstante, existen retos frente a la rigidez del lenguaje de programación y su compresibilidad, en tanto que el contrato no se encuentra descrito en lenguaje natural y hay dudas frente al carácter de orden público y la protección contractual que debería darse si una de las partes desea rescindir el contrato.

Un mundo ideal basado en blockchain será uno en el cual diversas aplicaciones se puedan enlazar y conectar al sistema descentralizado. Se trata de un fenómeno que permitirá reforzar el ejercicio de la privacidad, la libertad contractual, el derecho de propiedad, el derecho a la información y la transparencia gubernamental, sin requerir de intermediarios que garanticen su cumplimiento; pero hasta el momento, los contratos inteligentes se limitan a ejecutar condiciones contractuales de tracto sucesivo sencillas que no exigen mayor análisis lógico.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Betti, Emilio. *Teoría general del negocio jurídico* (2.<sup>a</sup> ed.). España: Editorial Revista de Derecho Privado, 1983.
- Caballero Martínez, Jhon. *Criptomonedas, blockchain y contratos inteligentes*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia, 2019.
- Caballero, Jhon; Osorio, María & Villamil, Laura. *Guía de referencia para la adopción e implementación de proyectos con tecnología blockchain para el Estado*



- colombiano* [en línea], 2022. Disponible en: [https://gobiernodigital.mintic.gov.co/692/articles-272783\\_recurso\\_1.pdf](https://gobiernodigital.mintic.gov.co/692/articles-272783_recurso_1.pdf)
- Caballero, Jhon & Vargas, Teresa. “La dicotomía de la ética y la legalidad de los datos personales en aplicaciones de contacto”. *Revista Brasileira de Direitos Fundamentais & Justiça*, vol. 14, n.º 1, 2020. DOI: 10.30899/df.v0i0.946.
- Cappiello, Benedetta & Carullo, Gherardo. “Introduction: The challenges and opportunities of blockchain technologies”. En: *Blockchain, law and governance*. Cham: Springer, 2021.
- Carrascosa López, Valentín. “Valor probatorio del documento electrónico”. *Informática y Derecho: Revista Iberoamericana de Derecho Informático*, vol. 8, 1995.
- Churchhouse, Robert. *Codes and ciphers : Julius Caesar, the enigma, and the Internet*. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.
- Congreso de la República de Colombia. *Ley 527 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.
- Corrales Compagnucci, Marcelo; Forgó, Nikolaus; Kono, Toshiyuki; Teramoto, Shinto & Vermeulen, Erik P. M. *Legal tech and the new sharing economy*. S. l.: Springer, 2021.
- Corte Constitucional de Colombia. *Sentencia C-662 de 2000*. Magistrado ponente: Fabio Morón Díaz.
- De Filippi, Primavera & Wright, Aaron. *Blockchain and the law: the rule of code*. Massachusetts: Harvard University Press, 2018.
- Dimatteo, Larry A.; Cannarsa, Michel & Poncibò, Cristina. “Smart contracts and contract law”. En: Larry A. Dimatteo, Michel Cannarsa & Cristina Poncibò (eds.), *The Cambridge handbook of smart contracts, blockchain technology and digital platforms*. Cambridge: Cambridge University Press, 2019.
- Drucker, Peter F. “The first technological revolution and its lessons”. *Technology and Culture*, vol. 7, n.º 2, 1966, pp. 143-300. DOI: 10.2307/3102079.
- Eamon, William. “Books of secrets in medieval and early modern science”. *Sudhoffs Archiv*, vol. 69, n.º 1, 1985. Disponible en: [https://www.jstor.org/stable/20776953?seq=1&cid=pdf-reference#references\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/20776953?seq=1&cid=pdf-reference#references_tab_contents)
- Endemann, Buck; Wladawsky-Berger, Irving; Lapointe, Cara & Yen, Hugo. *Technology factsheet: blockchain*. Boston: Belfer Center for Science and International Affairs, Harvard Kennedy School, 2020.
- Finck, Michèle. “Blockchains, law and technological innovation”. En: *Blockchain regulation and governance in Europe* [en línea] (pp. 142-181). Cambridge: Cambridge University Press, 2018. DOI: 10.1017/9781108609708.006.
- Floridi, Luciano. *Philosophy and computing: an introduction*. London and New York: Routledge, 1999.

- Fortich, Silvana. *Formalismo contemporáneo y protección del consentimiento contractual*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia, 2018.
- Fortich, Silvana. “*Solus consensus obligat*: principio general para el derecho privado de los contratos”. *Revista de Derecho Privado*. Uniwersytet Slaski. Wydział Matematyki, Fizyki i Chemii, vol. 7, n.º 23, 2012, pp. 179-195. DOI: 10.21JQUERY.MIN.JS.
- Forschungsunion & Acatech. *Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0*. Fráncfurt: s. e., 2013.
- Gayo. *La instituta de Gayo*. Madrid: Imprenta de la Sociedad Literaria y Tipográfica, 1845.
- González, Glenda. “Nick Szabo definió los conceptos básicos de blockchain 14 años antes de su lanzamiento”. En: *Criptonoticias* [en línea], 4 de abril de 2018. [Consultado el 5 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://www.criptonoticias.com/comunidad/adopcion/nick-szabo-definio-conceptos-basicos-blockchain-14-anos-antes-lanzamiento/>
- Grosso, Giuseppe. *Las obligaciones. Contenido y requisitos de la prestación*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia, 2011.
- Harari, Yuval Noah. *Sapiens. De animales a dioses*. Madrid: Debate, 2014.
- Hinestrosa, Fernando. “Eficacia e ineficacia del contrato”. *Revista de Derecho de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso*, octubre de 2010. Disponible en: <https://revistaschilenas.uchile.cl/handle/2250/26850>
- Hinestrosa, Fernando. *Tratado de las obligaciones: concepto, estructura, vicisitudes*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia, 2008.
- Hinestrosa, Fernando. *Tratado de las obligaciones II. De las fuentes de las obligaciones: negocio jurídico*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia, 2015.
- Holbrook, Joseph. *Architecting enterprise blockchain solutions*. S. l.: Sybex, 2020.
- ISDA & Linklaters. *Whitepaper: Smart Contracts and Distributed Ledger – A Legal Perspective* [en línea], agosto de 2017. [Consultado el 10 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.isda.org/2017/08/03/smart-contracts-and-distributed-ledger-a-legal-perspective/>
- Irizar, José. “Digital technology deployment in multi-national enterprises”. En: Martin George Wynn (ed.), *Handbook of research on digital transformation, industry use cases, and the impact of disruptive technologies*. Hershey: IGI Global, 2022. DOI: 10.4018/978-1-7998-7712-7.CH002.
- Jones, Howard Mumford. “Ideas, history, technology”. *Technology and Culture*, vol. 1, n.º 1, 1959, pp. 20-27. DOI: 10.2307/3100784.
- Justiniano. *Institutas*.
- Katz, Jonathan & Lindell, Yehuda. *Introduction to modern cryptography*. London: CRC Press, 2021.
- Keefer, Alice & Baiget, Tomas. “How it all began: a brief history of the Internet”. *VINE*. MCB UP Ltd., vol. 31, n.º 3, 2001, pp. 90-95. DOI: 10.1108/03055720010804221.

- Khanna, Pooja y Kumar, Sachin. “Engineering 4.0: future with disruptive technologies”. En: Rodrigo da Rosa Righi, Antonio Marcos Alberti y Madhusudan Singh (eds.), *Blockchain technology for industry 4.0* (pp. 131-147). Singapore: Singapore, 2020. DOI: 10.1007/978-981-15-1137-0\_7.
- Kooij, B. J. G. van der. *Origins of innovation: ancient (R)evolutions in perspective*. S. l.: CreateSpace Publishing, 2018.
- Kosba, Ahmed; Miller, Andrew; Shi, Elaine; Wen, Zikai & Papamanthou, Charalampos. “Hawk: The blockchain model of cryptography and privacy-preserving smart contracts”. En: *Proceedings - 2016 IEEE Symposium on Security and Privacy, SP 2016* [en línea]. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 16 de agosto de 2016, pp. 839-858. DOI: 10.1109/SP.2016.55.
- Leiner, Barry M.; Cerf, Vinton G.; Clark, David D.; Kahn, Robert E.; Kleinrock, Leonard; Lynch, Daniel C.; Postel, Jon; Roberts, Larry G. & Wolff, Stephen. *Brief history of the Internet* [en línea], 1997. Disponible en: <https://www.internetsociety.org/internet/history-internet/brief-history-internet/>
- Márquez Solís, Santiago. *Bitcoin. Guía completa de la moneda del futuro*. S. l.: Ediciones de la U, 2016.
- May, Timothy C. *The crypto anarchist manifesto* [en línea], 1988. [Consultado el 1 de mayo de 2020]. Disponible en : <http://groups.csail.mit.edu/mac/classes/6.805/articles/crypto/cypherpunks/may-crypto-manifesto.html>
- Medicus, Dieter. *Tratado de las relaciones obligacionales*. Barcelona: Librería José M. Bosch, 1995.
- Moser, Petra. “Patents and innovation: Evidence from economic history”. *Stanford Law and Economics Olin Working Paper* [en línea], n.º 437, 2012. DOI: 10.2139/SSRN.2180847.
- Mühl, Gero & Weis, Torben. “How to configure proof-of-work functions to stop spam”. En: *Conference: Sicherheit 2005: Sicherheit - Schutz und Zuverlässigkeit, Beiträge der 2. Jahrestagung des Fachbereichs Sicherheit der Gesellschaft für Informatik* [en línea]. Distributed Systems Research Group, 2005. [Consultado el 23 de marzo de 2021]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/221307223\\_How\\_to\\_Configure\\_Proof-of-Work\\_Functions\\_to\\_Stop\\_Spam](https://www.researchgate.net/publication/221307223_How_to_Configure_Proof-of-Work_Functions_to_Stop_Spam)
- Multhauf, Robert P. “The scientist and the ‘improver’ of technology”. *Technology and Culture*, vol. 1, n.º 1, 1959, pp. 38-47. DOI: 10.2307/3100786
- Peña, Daniel. “De los contratos web a los contratos inteligentes. Perspectivas y prospectiva”. En: *Blog Derecho de los Negocios* [en línea], 2018. [Consultado el 5 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://dernegocios.uexternado.edu.co/prospectiva/de-los-contratos-web-a-los-contratos-inteligentes-perspectivas-y-prospectiva/>
- Peña, Daniel. “Smart contracts: el contrato inteligente como concepto jurídico”. En: *Blog de derecho de los negocios* [en línea], 24 de julio de 2018. [Consultado

- el 5 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://dernegocios.uexternado.edu.co/prospectiva/smart-contracts-el-contrato-inteligente-como-concepto-juridico/>
- Pithan, David M. *Corporate research laboratories and the history of innovation*. New York: Routledge, 2022.
- Pothier, Robert. *Tratado de las obligaciones*. Buenos Aires: Atalaya, 1947.
- Rivest, R. L.; Shamir, A. & Adleman, L. "A method for obtaining digital signatures and public-key cryptosystems". *Communications of the ACM* [en línea]. ACM PUB27, New York, vol. 21, n.º 2, 1978, pp. 120-126. DOI: 10.1145/359340.359342.
- Ruparelia, Nayan. *Cloud computing*. Massachusetts: MIT Press, 2016.
- Savigny, M. *Le droit des obligations*. Paris: Libraire-Editeur, 1863.
- Schollmeier, Rüdiger. "A definition of peer-to-peer networking for the classification of peer-to-peer architectures and applications". En: *Proceedings – 1st International Conference on Peer-to-Peer Computing, P2P 2001* [en línea]. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2001, pp. 101-102. DOI: 10.1109/P2P.2001.990434.
- Schwab, Klaus. *La Cuarta revolución industrial*. Madrid: Debate, 2016.
- Schwab, Klaus. *Shaping the future of the fourth industrial revolution*. New York: Penguin Random House, 2018.
- Schwab, Klaus. *Shaping the future of the fourth industrial revolution: a guide to building a better world*. Geneva: Knopf Doubleday Publishing Group, 2018.
- Scoglio, Stefano. *Transforming privacy: a transpersonal philosophy of rights*. Westport: Praeger, 1998.
- Solidity. *Documentación de Solidity* [en línea]. [Consultado el 5 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://solidity-es.readthedocs.io/es/latest/index.html>
- Solidity. "Introduction to Smart Contracts". En: *Solidity Documentation* [en línea]. [Consultado el 22 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://docs.soliditylang.org/en/develop/introduction-to-smart-contracts.html>
- Sullivan, Richard J. "The revolution of ideas: Widespread patenting and invention during the english industrial revolution". *The Journal of Economic History* [en línea], Cambridge University Press, vol. 50, n.º 2, 1990, pp. 349-362. DOI: 10.1017/S0022050700036482.
- Swan, Melanie. *Blockchain: blueprint for a new economy*. Sebastopol: O'Reilly Media, 2015.
- Swan, Melanie. *Blockchain*. California: O'Reilly Media, 2015.
- Szabo, Nick. *Smart Contracts: Building blocks for digital markets* [en línea], 1996. [Consultado el 22 de marzo de 2021]. Disponible en: [https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart\\_contracts\\_2.html](https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart_contracts_2.html)

- Tapscott, Don & Tapscott, Alex. *La revolución blockchain: descubre cómo esta nueva tecnología transformará la economía global* (Juan Salmerón Arjona, trad). Barcelona: Deusto, 2017.
- Tinmaz, Hasan. “History of industrial revolutions: from homo sapiens hunters to bitcoin hunters”. En: Rodrigo da Rosa Righi, Antonio Marcos Alberti & Madhusudan Singh (eds.), *Blockchain technology for industry 4.0*. Singapore: Springer, 2020. DOI: 10.1007/978-981-15-1137-0.
- Tur Faúndez, Carlos. *Smart contracts: análisis jurídico*. Madrid: Reus, 2018.
- Xu, Xiwei; Pautasso, Cesare; Zhu, Liming; Gramoli, Vincent; Ponomarev, Alexander; Tran, An Binh & Chen, Shiping. “The blockchain as a software connector”. En: *Proceedings - 2016 13th Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture, WICSA 2016* [en línea]. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., julio de 2016, pp. 182-191. DOI: 10.1109/WICSA.2016.21.
- Xu, Xiwei; Weber, Ingo & Staples, Mark. *Architecture for blockchain applications*. Cham: Springer International Publishing, 2019. DOI: 10.1007/978-3-030-03035-3\_1.
- Zwitter, Andrej & Hazenberg, Jilles. “Cyberspace, blockchain, governance: how technology implies normative power and regulation”. En: Benedetta Capiello & Gherardo Carullo (eds.), *Blockchain, law and governance*. Cham: Springer, 2020.