
¿Sueñan las máquinas con contratar? Un estudio sobre *smart contracts* y consentimiento algorítmico^{*-**}

» JORGE ANDREY CÁCERES MALAGÓN^{***}

RESUMEN. El artículo presenta al lector las características y el contexto histórico en el que surgieron los *smart contracts*, luego los clasifica y describe su incidencia en la teoría general de los contratos, para lo cual distingue entre sistemas de automatización de la ejecución contractual y contratos inteligentes en sentido estricto, afirmando que estos últimos requieren del uso de inteligencia artificial. Lo anterior conduce al abordaje del concepto de *consentimiento algorítmico* y, finalmente, permite ofrecer algunas conclusiones acerca de su impacto en el derecho del consumo y el mercado financiero colombiano.

* Fecha de recepción: 30 de noviembre de 2022. Fecha de aceptación: 25 de agosto de 2023.

Para citar el artículo: Cáceres Malagón, J. A., “¿Sueñan las máquinas con contratar? Un estudio sobre *smart contracts* y consentimiento algorítmico”, *Revista de Derecho Privado*, Universidad Externado de Colombia, n.º 46, enero-junio, 2024, 155-185. DOI: <https://doi.org/10.18601/01234366.46.07>.

** Este artículo es un producto parcial de la investigación doctoral realizada por el autor, denominada “Los daños globales: concepto, acciones y formas de reparación en el ámbito del consumo”, adelantada en el marco del programa de doctorado en Derecho Privado de la Universidad de Salamanca, España.

*** Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia; profesor de la Escuela de Derecho y Ciencia Política y miembro del grupo de investigación INNOTECH. Magíster en Derecho de Daños, Universidad de Girona, Girona, España. Especialista en Daños y Contratos, Universidad de Salamanca, Salamanca, España. Especialista en Derecho de los Negocios y en Derecho Tributario, Universidad Externado de Colombia, Bogotá, Colombia. Contacto: jacacerm@uis.edu.co Orcid: 0000-0002-3501-2402.

PALABRAS CLAVE: contratos inteligentes, cadena de bloques, negociación algorítmica, consumo, mercados financieros.

Do Machines Dream of Contracting? A Study on Smart Contracts and Algorithmic Consent

ABSTRACT. This article introduces the reader to the characteristics and historical context in which smart contracts emerged, then classifies them and describes their impact on the general theory of contracts, for which it distinguishes between contract execution automation systems and *smart contracts* in the strict sense, stating that the latter require the use of artificial intelligence. This leads the research to the concept of *algorithmic consent* and, finally, allows us to present some conclusions about its impact on Consumer Law and the Colombian financial market.

KEYWORDS: smart contracts, blockchain, consumption, algorithmic trading, financial markets.

SUMARIO. Introducción. I Contexto y funcionamiento de los *smart contracts*. II. Tipología de los contratos inteligentes. III. Consentimiento algorítmico. IV. *Smart contracts* y derecho del consumo. V. *Smart contracts*, contratación algorítmica y protección del mercado. Conclusiones. Referencias.

Introducción

En la actualidad, las personas celebran contratos entre sí en escenarios que en principio lucen hostiles, pues la globalización ha conducido a la masificación de los acuerdos voluntarios entre personas prácticamente desconocidas, lo que ha hecho más compleja su interacción; por ello, el consumidor promedio recurre a terceros confiables, quienes intervienen para ofrecer seguridad, aumentando con ello los costos de transacción¹. Esta idea, en el escenario del comercio en internet, se ve reflejada en la utilización de terceros dedicados a validar, certificar, asegurar y facilitar transacciones, en fin, a intermediar.

¿Y si se pudiera prescindir de estos terceros? Pareciera que los *smart contracts* permiten esto en cierta medida, y esa es la razón por la que algunos han abogado por su utilización masiva en las relaciones de consumo, considerándolos como una

1 Estrada, F., "Ronald Coase y los costos de transacción", Universidad Externado de Colombia, Facultad de Finanzas, Gobierno y Relaciones Internacionales, 2012, 1-25, disponible en: <https://mpira.uni-muenchen.de/39997/> [consultado el 1 de julio de 2022].

forma de proteger a la parte débil, estimular el desarrollo económico sostenible y reducir los costos de transacción². Ahora bien, como sucede con toda herramienta tecnológica, su utilización supone riesgos, razón por la cual es importante entender cómo interactúan con el derecho; pues, al fin y al cabo, el avance tecnológico no puede convertirse en un fin en sí mismo, sino que ha de ser un medio para alcanzar una mejor calidad de vida en sociedad.

La contratación inteligente no solo es atractiva para las relaciones de consumo, también ofrece evidentes incentivos en las negociaciones entre profesionales (*business to business* –B2B–), entre consumidores (*consumer to consumer* –C2C–) y aun en mercados altamente especializados, como el financiero, en el que capital y tecnología se hallan indisolublemente unidos³.

De hecho, en los últimos años ha cobrado gran relevancia la utilización de algoritmos que pueden celebrar y ejecutar operaciones bursátiles sin intervención humana, al punto de que las autoridades de los principales centros financieros mundiales, lejos de proscribirlos, han optado por regularlos. Lo anterior se debe a que, reconociendo sus evidentes ventajas, han identificado riesgos de abuso, lo que ha supuesto la necesidad de disponer de un marco jurídico que permita y estimule su desarrollo, al tiempo que proteja el mercado y a quienes participan en él.

Ante tal panorama, con el espectacular avance de las nuevas tecnologías y su impacto en el derecho privado como trasfondo, se considera que no asistimos al fin de los contratos sino a un necesario cambio de paradigma que los resignifique, en el marco de relaciones comerciales cada vez más imbricadas, complejas, desmaterializadas y transnacionales.

Ante la evidencia de que este es un problema relevante y actual de investigación, se estructuró un objetivo general consistente en formular aportes teóricos para el diseño de una propuesta regulatoria para Colombia sobre contratos inteligentes basados en tecnología *blockchain*; dentro de este marco, se abordaron, como objetivos específicos de la investigación, el estudio del concepto, las categorías y características de los llamados contratos inteligentes, así como su interacción con algunos aspectos de la teoría general de los contratos, y su impacto específico en dos áreas particularmente sensibles para el derecho privado contemporáneo: las relaciones de consumo y la protección de los mercados financieros.

Para tales efectos, se adoptó un enfoque cualitativo⁴, que permite describir críticamente las principales características del fenómeno estudiado y facilita formular propuestas de solución a un problema social concreto; para ello, se recurrió al método de la “teoría fundamentada”, que, en palabras de Páramo Morales,

2 Dal Mas, F.; Dicuonzo, G. y Massaro, M., “Smart Contracts to Enable Sustainable Business Models. A Case Study”, *Management Decision*, 2020, vol. 58, n.º 8, 1601-1619.

3 Ariño Ortiz, G., *La bolsa española: marco institucional. Estudios de derecho bancario y bursátil*, Madrid, Centro de Documentación Bancaria y Bursátil, 1987, 29.

4 Cfr. Hernández Sampieri, R., *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*, México D. F., McGraw Hill, 2018, 7.

resulta útil “en aquellos temas que han sido poco abordados y en consecuencia no se dispone de teorías formales o sustanciales, o en aquellos que por reclamar ir más allá de las teorías requieren una visión más fresca”⁵.

En aplicación del enfoque y el método antes descritos, se utilizó la técnica comparativa⁶, acometiendo el estudio dogmático de los *smart contracts* en algunos ordenamientos jurídicos, previamente identificados como relevantes, bajo una lectura analítica, interpretativa, crítica y sistemática de la información disponible.

En todo caso, desde ahora se advierte que se presentan los resultados de una investigación exploratoria, de carácter inductivo, que parte de reconocer la inexistencia actual de un régimen que regule integralmente el fenómeno estudiado; razón por la cual, las consideraciones aquí expuestas se hacen de forma panorámica y al margen de una específica jurisdicción aplicable, lo que no obsta para que en el desarrollo de los objetivos propuestos se haya recurrido a fuentes primarias de alguno de los ordenamientos jurídicos identificados previamente como relevantes.

Al concluir la investigación, se obtuvo como resultado la distinción entre sistemas de automatización de la ejecución contractual y contratos inteligentes en sentido estricto, lo que condujo a afirmar que estos últimos requieren, además, el uso de inteligencia artificial; también se presentan algunas conclusiones sobre el impacto de ciertos *smart contracts* en las relaciones de consumo y en el mercado financiero, que dan cuenta de la necesidad de regular el funcionamiento de algunas modalidades de contratación inteligente al interior de los mercados de capitales –como la Negociación Algorítmica de Alta Frecuencia (HFT, por sus siglas en inglés)–, en procura de evitar la desestabilización del sistema y la producción de daños tanto al mercado como a los individuos que intervienen en él.

Se concluye, de igual modo, que, en la generalidad de los sistemas jurídicos estudiados, es innecesaria una regulación *ad hoc* para los *smart contracts* en punto de las relaciones de consumo, porque se considera que el marco jurídico actual ofrece suficientes remedios para gestionar la crisis del contrato, inclusive la del contrato inteligente.

I. Contexto y funcionamiento de los *smart contracts*

A. El contexto histórico de los contratos inteligentes

Nick Zsabo, un jurista y científico computacional de la Universidad de Washington, fue el primero en plantear un concepto de “*smart contract*”, considerando la

5 Páramo Morales, D., “La teoría fundamentada (*Grounded Theory*), metodología cualitativa de investigación científica”, *Pensamiento & Gestión*, n.º 39, 2015, 119-146, disponible en: n39a01.pdf (scielo.org.co) [consultado el 10 de febrero de 2023].

6 Gómez Díaz de León, C. y De León de la Garza, E. A., *Método comparativo*. México D. F., Tirant Humanidades, 2014, 228.

posibilidad de automatizar diversas cláusulas contractuales, como gravámenes, garantías, transferencias o limitaciones a la propiedad, con el fin de prevenir o incluso imposibilitar el incumplimiento del contrato y así volver más eficientes ciertas relaciones comerciales⁷.

De suerte que, sin que existieran aún las herramientas tecnológicas necesarias para su aplicación real, se empezó a discutir sobre su potencial en sectores como el comercio de bienes digitales, pagos electrónicos e instrumentos financieros, todos ellos escenarios de aplicación actual; incluso, se abordaron conceptos tan avanzados como los de “*Smart Lien*” (retención inteligente) o “*smart Property*”, supuestos en los cuales los contratos inteligentes funcionarían por fuera del mundo digital, a través del internet de las cosas (*Internet of Things –IoT–*)⁸.

La viabilidad tecnológica surgió en 2008, en plena crisis financiera mundial y ante un déficit de confianza de los consumidores en las entidades financieras, las instituciones y las regulaciones; en ese contexto irrumpió en el mercado la que es –quizás– la tecnología más disruptiva de los últimos años: *blockchain*, una plataforma criptográfica descentralizada, sobre la cual funcionaría la ya famosa criptomoneda *Bitcoin*.

Por su parte, *Bitcoin* fue creada por Satoshi Nakamoto –seudónimo de una o un grupo de personas hasta la fecha en el anonimato– y se convirtió en la primera aplicación masiva de dinero digital en circular por fuera del sistema financiero tradicional: una criptomoneda; por ello, ya no solo serían los intermediarios bancarios o grandes corporaciones quienes gestionarían y autorizarían las transacciones, sino que esta labor ahora también se encomendaría a una plataforma abierta y descentralizada que permitiría enviar activos de forma rápida, con menores costes de transacción y los mayores protocolos de seguridad disponibles.

En palabras de su precursor, *Bitcoin* es “[u]n sistema de pagos electrónicos basado en pruebas criptográficas, en vez de confianza, permitiéndole[s] a dos partes interesadas realizar transacciones directamente, sin la necesidad de un tercero confiable”⁹. Sin embargo, la tecnología *blockchain* es mucho más que eso, pues no se limita simplemente al intercambio de monedas digitales. Una definición más amplia entiende el *blockchain* como un “código de fuente libre: [que] todo el mundo puede descargárselo [*sic*] gratuitamente, ejecutarlo y usarlo para desarrollar nuevas herramientas de gestión de transacciones en línea. Como

7 Szabo, N., “Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets”, originalmente en *EXTROPY: The Journal of Transhumanist Thought*, n.º 16, 1996, 50-53, disponible en: <http://www.truevaluemetrics.org/DBpdfs/BlockChain/Nick-Szabo-Smart-Contracts-Building-Blocks-for-Digital-Markets-1996-14591.pdf> [consultado el 15 de marzo de 2022].

8 Ocariz, E., *Blockchain y smart contracts: la revolución de confianza*, Bogotá, RC Libros-Alfaomega, 2019, 246.

9 Nakamoto, S., “Bitcoin: un sistema de efectivo electrónico usuario-a-usuario”, *DiarioBitcoin*, 2008, 1, disponible en: https://bitcoin.org/files/bitcoin-paper/bitcoin_es_latam.pdf [consultado el 25 de abril de 2022].

tal, nos da la posibilidad de crear infinidad de aplicaciones nuevas y de cambiar muchas cosas”¹⁰.

De manera que la tecnología *blockchain* ofrece: i) seguridad, que se debe a la criptografía avanzada; ii) descentralización, ya que no está dominada por una autoridad central que se encargue de validar la información y su publicidad, y iii) trazabilidad de punta a punta, lo que mejora la transparencia del negocio. Con todo, su rasgo más relevante, a los efectos de esta investigación, es su escalabilidad, esto es, la posibilidad de programar aplicaciones complejas aprovechando las características anteriormente descritas.

Lo visto nos introduce al estudio de los *smart contracts*, una de las aplicaciones protagonistas del ecosistema *blockchain*, debido a que estos son instrumentos que “combinan protocolos informáticos con interfaces de usuario para ejecutar los términos de un contrato”¹¹.

B. El funcionamiento de los *smart contracts*

Los contratos inteligentes suelen estructurarse a partir de dos elementos: por una parte, el condicionado inserto *–state contract–* y, por la otra, el valor pactado. Las condiciones de activación y las correspondientes acciones de respuesta de los términos del contrato se preestablecen mediante condiciones desencadenantes del tipo “*If-Then*” (si-entonces). Estos son acordados y suscritos digitalmente por todas las partes mediante la plataforma escogida para tal fin –por ejemplo, *Ethereum*¹²–, luego de lo cual se envían a *blockchain*, se difunden a través de una red *Per to Per* (P2P) para ser verificadas por los *mineros* y se almacenan en un bloque específico de la cadena de bloques; posteriormente, las partes obtienen los parámetros pactados de vuelta, momento en el que se desencadena la ejecución contractual.

Los *mineros*, por su parte, contribuyen con sus recursos informáticos a verificar la transacción, y son recompensados por ello por el propio mecanismo de incentivos del sistema en el que operan. Después de que esto ocurre, crean el contrato o ejecutan el código en su entorno de ejecución local *–Sandboxed Execution Environment–*, para lo cual se basan en el estado del sistema y en la entrada de datos de confianza que realizan los conocidos *oráculos*, que son terceros confiables definidos en el contrato, encargados de verificar datos externos de los

10 Tapscott, D. y Tapscott, A., *La revolución blockchain: descubre cómo esta nueva tecnología transformará la economía global*, Barcelona, Deusto, 2017, 27.

11 Nofer, M.; Gomber, P. y Schiereck, D., “Blockchain”, *Business & Information Systems Engineering*, vol. 59, n.º 3, 2017, 184, disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12599-017-0467-3> [consultado el 25 de abril de 2022].

12 *Ethereum* es una importante plataforma basada en *blockchain* para contratos inteligentes en la que se pueden ejecutar programas completos de Turing en una red descentralizada y, por lo general, manipulan unidades de valor digitales. Cfr. Dannen, C., *Introducing Ethereum and Solidity*, Berkeley, Apress, 2017.

cuales depende el desencadenamiento de la condición, cuando el bien incorporado al negocio no es digital¹³.

Como lo señala Wang, a partir de los presupuestos anteriormente señalados, el *smart contract* determina si el escenario actual cumple las condiciones de activación o no, luego de lo cual ejecuta estrictamente las acciones de respuesta¹⁴. Después de que una transacción se valida, se empaqueta en un nuevo bloque y este se incluye en la *blockchain* una vez que toda la red alcanza un consenso.

C. Un concepto jurídico de *smart contracts*: los contratos legales inteligentes

En realidad, el concepto de *smart contract* no hace alusión a un tipo contractual específico, sino a un código informático que está en capacidad de autoejecutar obligaciones contractuales. No obstante, que se haya nominado como “contrato” a lo que nada más es una herramienta tecnológica ha suscitado un álgido debate en la academia sobre su naturaleza jurídica. Hasta la fecha no hay consenso al respecto. Algunos autores lo reconocen como contrato siempre y cuando se identifiquen en él los requisitos esenciales para su formación¹⁵; otros afirman de plano que no lo es¹⁶, e incluso, hay quienes niegan su característica de *inteligente*¹⁷.

Quienes diseñaron y desarrollaron los *smart contracts* en realidad no estaban interesados en resolver una cuestión dogmática, sino en operar una herramienta tecnológica que sirviera como alternativa para reducir o eliminar algunos de los riesgos presentes en las formas contractuales tradicionales, principalmente, el riesgo de contraparte asociado al incumplimiento. Ello se debió, entre otros aspectos, al trasfondo ideológico libertario que los movilizó¹⁸. Por esta razón, se denominó

13 López Roca, L. F., “Algunas problemáticas sobre los contratos inteligentes y los oráculos. Una reflexión sobre el ‘Problema del Oráculo’”, en Henao, J. C. y Castaño, D. (eds.), *Disrupción tecnológica, transformación digital y sociedad*, t. III, *Derecho, innovación y tecnología: fundamentos para el mundo digital*, Bogotá, Universidad Externado de Colombia, 561-639.

14 Wang, S.; Liwei Ouyang, Y. Y.; Xiaochun Ni, X. H. y Fei-Yue, W., “Blockchain-Enabled Smart Contracts: Architecture, Applications, and Future Trends”, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, vol. 49, n.º 11, 2019, 2266-2277, disponible en: <https://doi.org/10.1109/TSMC.2019.2895123> [consultado el 2 de mayo de 2022].

15 Werbach, K. y Cornell, N., “Contracts Ex Machina”, *Duke Law Journal*, vol. 67, 2017, 131, disponible en: <https://papers.ssrn.com/abstract=2936294> [consultado el 5 de mayo de 2022].

16 Rengifo García, E., “Reflexiones sobre el contrato inteligente”, *Revista de la Academia Colombiana de Jurisprudencia*, vol. 1, n.º 373, 2021, 3-55, disponible en: https://revista.academiacolombianadejurisprudencia.com.co/index.php/revista_acj/article/view/187 [consultado el 10 de junio de 2022].

17 Díaz Baquero, V. P., “Regulación de los contratos inteligentes en Colombia”, tesis de posgrado, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 2019, disponible en: <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/46186Bogot\u00u225f>, Pontificia Universidad Javeriana, 2019 [consultado el 15 de mayo de 2022].

18 Giaccaglia, M., “*Blockchain* y *smart contracts* entre la normativa europea y el Código Civil español”, *Revista Aranzadi de Derecho y Nuevas Tecnologías*, n.º 51, 2019, 108, disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7135390> [consultado el 22 de abril de 2022].

“*smart contract*” a cualquier algoritmo desarrollado sobre *blockchain* que ejecute acciones de forma autónoma sin tener en cuenta su complejidad o alcance, lo que no constituye, por supuesto, un concepto jurídico en sentido estricto¹⁹.

Bajo tal comprensión, no todos los *smart contracts* pueden ser contratos²⁰, algunos serán simples herramientas de automatización de transacciones derivadas de alguna cláusula contractual (por ejemplo, un pago, una retención de fondos o el depósito de un bien digital); pero otros, en efecto, sí constituyen un contrato inteligente. El nombre que le ha dado algún sector de la doctrina a los *smart contracts* que son contratos, es el de “*smart legal contracts*”²¹; sin embargo, tal denominación no ha sido aceptada de manera pacífica, pues otros la consideran redundante²², razón por la cual abogan por que a la herramienta se le nomine en términos tecnológicos y no jurídicos, reservando con ello la denominación de contrato solo a aquellos que cumplan con los supuestos legales de existencia del mismo²³.

De manera que los contratos inteligentes se diferencian de otras herramientas teniendo en cuenta su nivel de autonomía para ejecutar lo acordado, la distancia en términos prácticos que exista entre el código programado y lo pretendido por las partes, los activos y la discrecionalidad en la disposición de estos por parte del *software*²⁴; así como el sujeto y la forma en la que se realice la manifestación de la voluntad.

Según Jorge Feliú, los *smart legal contracts* son, desde el punto de vista material, un código de *software* o protocolo informático que –a diferencia de los otros– tiene el propósito de generar efectos jurídicos vinculantes para las partes, al cumplir con las condiciones necesarias para la existencia de un contrato²⁵. La tipicidad o no de un *smart contract* dependerá entonces del contenido de sus

-
- 19 González Meneses, M., “*Smart contracts: ¿una economía sin derecho contractual?*”, *Academia Matritense del Notariado*, 88, 2019, 55-87, disponible en: <https://www.elnotario.es> [consultado el 28 de abril de 2022].
 - 20 Bacina, M., “Smart Contracts and Contract Disputes”, *Medium* (blog), 2018, disponible en: <https://medium.com/@MikeBacina/smart-contracts-and-contract-disputes-4f277ae0b556> [consultado el 2 de mayo de 2022].
 - 21 Tur Faúndez, C., *Smart contracts: análisis jurídico*, Madrid, Reus, 2018, 77.
 - 22 Vilalta Nicuesa, A. E., *Smart legal contracts y blockchain: la contratación inteligente a través de la tecnología blockchain*, Madrid, Wolters Kluwer, 2019.
 - 23 Madrid Parra, A., “*Smart contracts-Fintech: reflexiones para el debate jurídico*”, *Revista Aranzadi de Derecho y Nuevas Tecnologías*, n.º 52, 2020, 2, disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7345974> [consultado el 4 de mayo de 2022].
 - 24 Bourque, S. y Fung Ling Tsui, S., “A Lawyer’s Introduction to Smart Contracts”, *Scientia Nobilitat Reviewed Legal Studies*, 2014, 4-23, disponible en: https://d1b10bmlvqabco.cloudfront.net/attach/ihxhd3vwmm6q7/ihxhdoju4r1ww/ip8arzfsgvkr/A_Lawyers_Introduction_to_Smart_Contracts.pdf [consultado el 4 de mayo de 2022].
 - 25 Feliú Rey, J., “*Smart contract: concepto, ecosistema y principales cuestiones de derecho privado*”, *La Ley Mercantil*, n.º 47, 2018, 8.

prestaciones o de la finalidad económica que persiga, y deberá necesariamente celebrarse a través de un código autoejecutable para poder reputarse como tal.

D. La forma de los *smart contracts*: hacia una forma activa

Otro de los aspectos por analizar en torno a la contratación inteligente tiene que ver con la interacción entre este nuevo concepto y la forma misma de las convenciones; si bien los canales de mercadeo y de distribución tradicionales, así como las maneras de contratar, se han visto multiplicados por la popularización de internet, esencialmente no ha habido una transformación profunda de la forma del contrato.

De manera que un contrato electrónico se perfecciona a través de una sucesión de “clics” y una firma o código; no obstante, sigue siendo una convención escrita tradicional, solo que ahora alojada en medios tecnológicos y sin que ello represente un mayor cambio para la relación obligacional, pues no va más allá de actualizar el receptáculo de la voluntad común construida en y para el acuerdo.

Por su parte, con los *smart contracts*, según afirma Feliú, la forma en que se celebra el acuerdo no implica la existencia de un simple certificado de la manifestación de la voluntad común, o un soporte con efectos *ad-probationem*; en su criterio, la forma, en este caso, se constituye en un elemento activo de la relación jurídica, en el que el código y el lenguaje combinados, además de ser el soporte, cumplen también una función determinante en el desarrollo y consumación del contrato²⁶.

Lo anterior, sin duda representa un avance frente a los contratos electrónicos tradicionales. Si bien es cierto que en éstos se dinamiza el mercado, aprovechando la agilidad de transacciones en la red, la ejecución del objeto negocial sigue dependiendo exclusivamente de las partes. En los *smart contracts* es diferente²⁷, pues como lo señala Saveliev, los contratos inteligentes, además de autoejecutar el contenido del acuerdo, proveen un estadio superior de transparencia y audita- bilidad, mitigando los riesgos asociados con las decisiones de intermediarios²⁸.

De manera que, en el panorama general de la contratación electrónica, estamos presenciando el paso del consensualismo –paradigma tradicional de la formación del contrato– a lo que ha sido denominado como “neo-formalismo” o “formalismo electrónico de protección”, doctrina que reconoce el escenario de vulnerabilidad que puede significar la contratación en internet y propugna la exigencia particular

26 *Ibid.*

27 Werbach, K. y Cornell, N., “Contracts Ex Machina”, cit., 7.

28 Saveliev, A., “Contract Law 2.0: ‘Smart’ Contracts as the Beginning of the End of Classic Contract Law”, *Information and Communications Technology Law*, vol. 26, n.º 2, 2017, 116-134, disponible en: <https://doi.org/10.1080/13600834.2017.1301036> [consultado el 12 de mayo de 2022].

de requisitos de forma a los contratos electrónicos, todo ello en función de garantizar la existencia de un consentimiento libre de vicios y de proteger a las partes contra cualquier amenaza que este nuevo medio de contratación les pueda presentar, sobre todo, cuando una de las partes del contrato es un consumidor²⁹.

II. Tipología de los contratos inteligentes

Pueden reconocerse en la doctrina distintos niveles de *smart contracts*, a saber: i) unos que simplemente traducen al código informático una convención previamente acordada y se encargan de su ejecución³⁰; ii) aquellos que sirven de agentes inteligentes y automatizados para celebrar contratos, a partir de parámetros previamente definidos por oferentes y demandantes de un bien o servicio³¹, y iii) otros que, valiéndose de la inteligencia artificial (IA), celebran, ejecutan, interpretan e incluso autocomponen el contrato, sin apenas intervención humana³².

A. Primer nivel: los *smart contracts* que simplemente autoejecutan un contrato

Ejemplos clásicos del primer nivel de la clasificación, los más extendidos en la literatura académica, pueden encontrarse en la compraventa de bienes digitales³³, particularmente en la industria musical³⁴ o en la contratación de seguros³⁵. En síntesis, este tipo de *smart contract* no supone un mayor reto dogmático para el derecho contractual; se trataría apenas de una evolución tecnológica de los contratos electrónicos³⁶, cuyas particulares características supondrían, a lo sumo, la necesidad de una adecuación normativa en procura de proteger intereses de ciertos

29 Fortich, S., “Una nota sobre formación y formalismo del contrato electrónico”, *Revista de Derecho Privado*, Universidad Externado de Colombia, n.º 20, 2011, 347, disponible en: <https://papers.ssrn.com/abstract=1876564> [consultado el 20 de mayo de 2022].

30 Giaccaglia, M., “Blockchain y smart contracts entre la normativa europea y el Código Civil español”, cit., 118.

31 Madrid Parra, A., “Smart Contracts-Fintech”, cit., 8.

32 Ghodoosi, F., “Contracting in the Age of Smart Contracts”, *Washington Law Review*, n.º 96, 2021, 53, disponible en: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3449674> [consultado el 21 de mayo de 2022].

33 Giaccaglia, “Blockchain y smart contracts”, cit., 119.

34 BBVA, “¿Es ‘blockchain’ la oportunidad que los músicos llevan años esperando?”, *BBVA noticias* (blog), 2018, disponible en: <https://www.bbva.com/es/blockchain-oportunidad-musicos-llevar-anos-esperando/> [consultado el 21 de mayo de 2022].

35 Ariza Vesga, R. A., “Las nuevas tecnologías y su impacto en el contrato de seguro en Colombia”, 2021, disponible en: <http://www.arizaygomez.com/2022/02/las-nuevas-tecnologias-y-su-impacto-en.html> [consultado el 21 de mayo de 2022].

36 Serra Rodríguez, A., “Los smart contracts en el derecho contractual”, *Revista Aranzadi de Derecho y Nuevas Tecnologías*, n.º 56, 2021, 31, disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7996606> [consultado el 25 de mayo de 2022].

agentes económicos de especial importancia para el Estado (v.gr., consumidores, contratantes débiles, adherentes)³⁷.

Las ventajas que esta herramienta ofrece para ese sector de la economía es probablemente la causa de su popularización. Actualmente, un cantante puede subir su álbum a la *blockchain* y hacerlo disponible al público a través de un *smart contract*; este código informático aloja el archivo y de forma autónoma verifica el depósito de fondos por parte del interesado en adquirirlo, luego de lo cual pone a disposición del usuario el bien digital adquirido de forma automática, con la confianza de que ninguna de las dos partes ha sido defraudada gracias a la seguridad de la red, a su inmutabilidad y a su irreversibilidad. Se prescinde así de los bancos, las disqueras y las plataformas de *streaming* u otros intermediarios que encarecen la relación comercial.

Ahora bien, los *smart contracts* no solo son atractivos para el comercio de bienes digitales o la prestación de servicios en la red. Por fuera de ella pueden observarse esquemas de economía colaborativa que los utilizan en sectores como el transporte (*Arcade City*), en donde a través de una plataforma de código abierto se permite acercar a conductores privados y pasajeros sin una autoridad central (v.gr., *Uber*, *Beat*), o aplicaciones en el sector turístico (v.gr., *Cryptocrisbs*), que permiten acceder a opciones de estadía ofrecidas por usuarios, sin las comisiones que cobrarían *AirBnb* o plataformas similares; no obstante, en tales supuestos es necesario recurrir a los *oráculos*.

Los *smart contracts* también suponen una innovación relevante para el sector asegurador, en el marco de lo que se ha denominado el fenómeno “*Insurtech*”, al abrigo del cual existen productos que funcionan con apoyo en esta tecnología y su combinación con el *IoT*; por ejemplo, en la suscripción de pólizas de viaje, en los seguros marítimos, e incluso, en algún sentido, han dado lugar al resurgimiento comercial de las inveteradas mutualidades, en lo que hoy se conoce como seguros *peer to peer*³⁸.

B. Segundo nivel: los *smart contracts* celebrados por agentes artificiales

Por su parte, en un segundo nivel, se puede identificar a aquellos que celebran y autoejecutan contratos con la programación previa de un sistema experto, que es un subconjunto de la IA que utiliza el conocimiento humano introducido en un algoritmo para abordar problemas que normalmente son resueltos por humanos

37 Cervera Martínez, M., “Aproximación a la protección del consumidor en los nuevos contratos inteligentes o *smart contracts*”, *Actualidad Civil*, n.º 6, 2019, 26, disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7050967> [consultado el 25 de mayo de 2022].

38 Brophy, R., “Blockchain and Insurance: a Review for Operations and Regulation”, *Journal of Financial Regulation and Compliance*, vol. 28, n.º 2, 2019, 215-234, disponible en: <https://doi.org/10.1108/JFRC-09-2018-0127> [consultado el 28 de mayo de 2022].

altamente calificados³⁹. Cuando estos *Bots* se utilizan para la celebración de negocios jurídicos se les conoce como “agentes artificiales”⁴⁰; en resumen, existe la posibilidad de que se programen algoritmos que apliquen parámetros preestablecidos para la emisión de ofertas comerciales o para que las acepten, lo que puede suceder en mercados altamente sofisticados, como el financiero, pero también en el comercio electrónico y en el mercado global de suministros⁴¹.

La novedad en este tipo de contratación proviene de la combinación de herramientas tecnológicas, pues se utiliza la IA para la creación de contratos inteligentes con soporte en *blockchain*, lo que produce una reducción sustancial de la participación humana, ya no solo en la ejecución del contrato, sino ahora también en su formación.

No obstante, en este nivel de automatización negocial el programador humano del algoritmo aún conserva una presencia activa en la formación de la convención, preestableciendo los parámetros para la celebración de un eventual contrato –aunque no emita el consentimiento de forma directa y concreta– y supervisando el funcionamiento del sistema experto.

Un ejemplo paradigmático del fenómeno que se describe es la negociación algorítmica (AT). Esta se realiza mediante sistemas informáticos que ejecutan operaciones económicas según la lectura que hagan del mercado en el que operan, siguiendo un entrenamiento previo, por ejemplo, a través de la técnica de “aprendizaje por refuerzo”⁴². Esta modalidad de IA permite desarrollar sistemas expertos especializados en la toma de decisiones de inversión en tiempo real en mercados financieros⁴³.

Si el algoritmo celebra un *smart contract* y en el otro extremo negocial también actúa un algoritmo, estamos ante la existencia de un contrato celebrado y ejecutado

39 Badaró, S.; Ibáñez, L. J. y Agüero, M. J., “Sistemas expertos: fundamentos, metodologías y aplicaciones”, *Ciencia y Tecnología*, n.º 13, 2013, 351, disponible en: https://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/13/CyT_13_24.pdf [consultado el 29 de mayo de 2022].

40 Wellman, M.; Greenwald, A. y Stone, P., *Autonomous Bidding Agents: Strategies and Lessons from the Trading Agent Competition*, MIT Press, 2007.

41 Lopes, F.; Wooldridge, M. y Novais, A., “Negotiation among Autonomous Computational Agents: Principles, Analysis and Challenges”, *Artificial Intelligence Review*, vol. 29, n.º 1, 2008, 1-44, disponible en: <https://doi.org/DOI:10.1007/s10462-009-9107-8> [consultado el 2 de junio de 2022].

42 Giraldo Escobar, S. A., “Negociación algorítmica de acciones por medio de aprendizaje por refuerzo profundo”, tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, 2021, disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/80758/98554412.2021.pdf?sequence=2&isAllowed=yMedell\u00u237f{n>, Colombia, Universidad Nacional de Colombia, 2021 [consultado el 5 de junio de 2022].

43 Henao Escobar, A., “Algoritmos de inversión: una oportunidad para mejorar la inversión en Colombia”, tesis de grado, Universidad de los Andes, 2021, disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/51665> [consultado el 5 de junio de 2022].

sin intervención humana: ante un verdadero contrato inteligente. Son estos los que se han denominado “*machine to machine contracts*” (*M2M Contracts*)⁴⁴.

La idea de que sistemas informáticos celebren autónomamente acuerdos voluntarios no es una completa novedad. Alterini, por ejemplo, señaló en su día:

Pocos años atrás discutíamos la naturaleza del efecto jurídico de la introducción de una ficha en una máquina expendedora de productos, o para trasponer una barrera y poder acceder a un servicio. El tema central hoy es otro, el de los contratos mediante computadoras o entre computadoras [...] [E]n el caso, una computadora programada manifiesta una invitación a ofertar del fabricante, otra computadora programada manifiesta una oferta del vendedor minorista, y el contrato queda celebrado cuando ésta es expedida por la computadora del fabricante⁴⁵.

C. Tercer nivel: *smart contracts* celebrados por sistemas interoperativos

Los *M2M Contracts* no solo son posibles mediante la utilización de un sistema experto; también se ha reconocido que pueden existir contratos inteligentes celebrados por decisión autónoma de uno o varios sistemas interoperativos, sin que intervenga un acto humano en ninguna fase de la formación de tal voluntad concreta⁴⁶.

Ello se logra a través de la interacción de sistemas interoperables que funcionan con *Deep Learning*, aunque nada impide que se combinen otros varios subtipos de IA (v.gr., sistemas expertos, de procesamiento de lenguaje natural –NLP– y de programación robótica)⁴⁷. Como lo señalan Zapata y González, “[l]a interoperabilidad entre sistemas no incluye solamente la habilidad de los sistemas para intercambiar información, sino también la capacidad de interacción y la ejecución de tareas conjuntas”⁴⁸.

Un ejemplo interesante del estadio más avanzado de los contratos inteligentes celebrados mediante algoritmos se encuentra en el trabajo de Farshad Ghodoosi⁴⁹, quien invita a imaginar que *Alexa* –la asistente virtual de Amazon– toma su pedido

44 Argelich Comelles, C., “*Smart contracts* o *Code is Law*: soluciones legales para la robotización contractual”, *InDret*, n.º 2, 2020, disponible en: https://www.academia.edu/42249439/Smart_contracts_o_Code_is_Law_soluciones_legales_para_la_robotizaci%C3%B3n_contractual [consultado el 9 de junio de 2022].

45 Alterini, A. A., *Treinta estudios de derecho privado*, Bogotá, Pontificia Universidad Javeriana–Temis, 2011, 90.

46 Ghodoosi, F., “Contracting in the Age of Smart Contracts”, cit., 10.

47 Finlay J. y Dix, A., *An Introduction to Artificial Intelligence*, London, CRC Press, 1996.

48 Zapata Jaramillo, C. M. y González Calderón, G., “A State-of-the-Art Review of Interoperability amongst Heterogeneous Software Systems”, *Ingeniería e Investigación*, vol. 29, n.º 2, 2009, 43, disponible en: <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v29n2.15159> [consultado el 15 de junio de 2022].

49 Ghodoosi, F., “Contracting in the Age of Smart Contracts”, cit., 10.

de pizza un domingo antes del fútbol. Luego, la máquina, conociendo sus elecciones anteriores, ordena pizza automáticamente todos los domingos antes del fútbol. De hecho, se plantea que la asistente virtual puede ir aún más lejos, buscando en todas las pizzerías locales la mejor oferta según las preferencias de su usuario, y además autoejecutar el pago; hipótesis que luego escala hasta llegar a la construcción de una red distribuida (DLT), constituida por proveedores de pizza y consumidores usuarios de asistentes virtuales interoperativos, que celebran acuerdos voluntarios prescindiendo de otros actores de validación central, como los bancos.

Sin embargo, la utilización de máquinas interoperables para celebrar contratos inteligentes no solo encuentra asidero en la elucubración teórica. HFT, en la que un algoritmo informatizado determina los aspectos de una orden bursátil, sin ninguna o con muy poca intervención humana, se viene aplicando en los mercados bursátiles más sofisticados del mundo.

La Directiva 2014/65/UE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de mayo de 2014, relativa a los mercados de instrumentos financieros (MiFID II), la define en su considerando 61.º como un tipo específico de negociación algorítmica “en la que un sistema de negociación analiza a gran velocidad datos o señales del mercado y emite o actualiza, en respuesta a dicho análisis, un gran número de órdenes en un período de tiempo muy corto”⁵⁰.

Uno de los segmentos en los que puede operar la HFT mediante la utilización de *smart contracts* es el de las negociaciones de recompra de un mismo día, conocidos como *Overnights Repos*; operaciones que, gracias a las características de la tecnología *blockchain* y a la utilización de *smart contracts*, pueden reducir los riesgos asociados a la operación y volverla incluso más eficiente⁵¹. Sobre el particular, Federico Panisi formula las siguientes consideraciones:

[p]or supuesto, los mercados financieros –como los mercados de repos– pueden beneficiarse en gran medida de *Blockchain*, ya que pueden ahorrar los costes relacionados con el FMI [Sistema de Información Financiera] posteriores a la negociación, reducir drásticamente el “riesgo de liquidación” y acortar la actual “latencia de liquidación” incluso en tiempo intra-diario, acelerando las transacciones financieras. Los beneficios de las tecnologías *Blockchain* son aún más

50 Unión Europea, Directiva 2014/65/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de mayo de 2014, relativa a los mercados de instrumentos financieros y por la que se modifican la Directiva 2002/92/CE y la Directiva 2011/61/UE, *Diario Oficial de la Unión Europea*, 2014, disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0065>

51 Beiner, N.; Harreis, H.; Poppensieker, T.; Sojka, D. y Thaten, M., “Getting to Grips with Counterparty Risk”, McKinsey Working Papers on Risk n.º 20, 2010, 1-16, disponible en: https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/dotcom/client_service/Risk/Working%20papers/20_Getting_Grips_Counterparty_Risk.ashx [consultado el 25 de junio de 2022].

evidentes si se considera la automatización de la gestión de las transacciones a través de los “contratos inteligentes” que estos permiten⁵².

En síntesis, las operaciones HFT basadas en *smart contracts* permiten reducir los costos de transacción atados a la gestión de los riesgos presentes en la negociación de activos financieros, aumentan la eficiencia del mercado, mejoran los índices de liquidez y permiten la toma de decisiones en tiempo real⁵³, razones que han conducido a un aumento exponencial en su utilización.

Lo anterior permite concluir que los contratos inteligentes, en efecto, existen y han alcanzado tal grado de autonomía, automatización y sofisticación, de manera que puede afirmarse que –actualmente– las máquinas pueden celebrar contratos. En otras palabras, que existe un *consentimiento algorítmico*.

III. Consentimiento algorítmico

Distintas discusiones han surgido en torno a la justificación dogmática de los *M2M Contracts*. Hay quienes han asumido que son posibles gracias a la emisión anticipada de un único consentimiento, en el marco de una relación contractual previa, anuencia que la máquina simplemente traslada para la celebración de un nuevo contrato⁵⁴; otros afirman que se está en frente de la ejecución de un “precontrato imperfecto”⁵⁵, o bien que se trata del cumplimiento de un contrato marco anterior⁵⁶, o de la celebración de un contrato accesorio que depende de otro, que es el principal⁵⁷.

También se ha abogado por el reconocimiento de una personalidad jurídica a los robots y, como consecuencia de ello, por la afirmación de la validez de los acuerdos voluntarios que celebren, para lo cual, los defensores de tal posición se han adscrito a las teorías objetivas de la agencia mercantil⁵⁸.

Ante este horizonte, se propone una solución justificante alternativa, que parte de reconocer que no solo asistimos a una evolución, sino también a una ampliación del instituto de la delegación; figura que, como lo afirmara Fernando

52 Panisi, F., “Blockchain and ‘Smart Contracts’: FinTech Innovations to Reduce the Costs of Trust”, *Stanford Law School*, 2017, 12, disponible en: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3066543> [consultado el 25 de junio de 2022].

53 Calleja Beltrán, J., “La negociación algorítmica de alta frecuencia y su incidencia en las estrategias de mercado”, TFM, Madrid, Universidad Pontificia Comillas, 2021, 29, disponible en: <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/46764> [consultado el 25 de mayo de 2022].

54 Madrid Parra, A., “*Smart Contracts-Fintech*”, cit., 8.

55 Legerén Molina, A., “Los contratos inteligentes en España (La disciplina de los *smart contracts*)”, *Revista de Derecho Civil*, vol. 5, n.º 2, 2018, 224.

56 Vilalta Nicuesa, A. E., *Smart legal contracts y Blockchain*, cit., 8.

57 Argelich Comelles, C. A., “*Smart contracts o Code is Law*”, cit., 13.

58 Wellman, M. P.; Greenwald, A. y Stone, P., *Autonomous Bidding Agents*, cit., 12.

Hinestrosa, en el pasado ha permitido la aplicación de conceptos como el de la cesión de derechos de estirpe romano-germánica, o el de la asunción de deudas proveniente del derecho alemán⁵⁹; una reconocida legalmente y la otra por la jurisprudencia colombiana⁶⁰.

Recurrir a tal instituto del derecho privado, que puede tener una forma activa, una pasiva e inclusive una mixta⁶¹, implicaría reconocer que ya no solo es posible realizar la delegación a un sujeto de derechos y obligaciones, sino también a un código informático, cuya capacidad para obligarse provendría de la extensión de la propia capacidad del delegante, lo que conduciría a reconocer la existencia de una delegación ciertamente impropia.

De manera que, si se reconoce que el tercero delegatario celebra autónomamente el contrato inteligente, pero lo hace en nombre, por cuenta y bajo la responsabilidad del humano que lo ha delegado, ello supone adscribirse también a las teorías objetivas de la agencia que defiende Wellman, sin necesidad de atribuir personalidad jurídica al *Bot* agente, superando así la crítica de ausencia de patrimonio de la máquina como atributo de la personalidad que impide su reconocimiento⁶².

La posición que se acaba de presentar es solamente justificativa, en tanto que existen instrumentos normativos que ya han reconocido la validez jurídica de un contrato celebrado por algoritmos, con o sin intervención humana. Un ejemplo claro se puede encontrar en el artículo 12.º de la Convención de las Naciones Unidas sobre la utilización de las comunicaciones electrónicas en los contratos internacionales, adoptada en Nueva York en 2005, que dispone expresamente:

No se negará validez ni fuerza ejecutoria a un contrato que se haya formado por la interacción entre un sistema automatizado de mensajes y una persona física, o por la interacción entre sistemas automatizados de mensajes, por la simple razón de que ninguna persona física haya revisado cada uno de los distintos actos realizados a través de los sistemas o el contrato resultante de tales actos ni haya intervenido en ellos⁶³.

59 Hinestrosa, F., *Tratado de las obligaciones: concepto, estructura, vicisitudes*, Bogotá, Universidad Externado de Colombia, 2007, 474.

60 Corte Suprema de Justicia, Gaceta Judicial, XLVII, n.º 1940, 1938, 419.

61 Bianca, C. M., *Diritto civile: l'obbligazione*, Milano, Giuffrè, 1978, 631.

62 Wellman, M. P.; Greenwald, A. y Stone, P., *Autonomous Bidding Agents*, cit., 12.

63 Naciones Unidas, Convención de las Naciones Unidas sobre la Utilización de las Comunicaciones Electrónicas en los Contratos Internacionales, Nueva York, 23 de noviembre de 2005, 25 de mayo de 2012, 3, disponible en: <https://www.dipublico.org/10753/convencion-de-las-naciones-unidas-sobre-la-utilizacion-de-las-comunicaciones-electronicas-en-los-contratos-internacionales-nueva-york-23-de-noviembre-de-2005/> [consultado el 30 de junio de 2022].

Por su parte, la Directiva 2014/65/UE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de mayo de 2014, relativa a los mercados de instrumentos financieros y por la que se modifican la Directiva 2002/92/CE y la Directiva 2011/61/UE, en su artículo 4.º, apartado 1.º, numeral 39, autoriza la negociación de instrumentos financieros mediante algoritmos informáticos que determinan automáticamente los distintos parámetros de las órdenes, con limitada o nula intervención humana; y en el literal b del numeral 40 del mismo apartado, señala que la HFT se realiza “mediante un sistema que determina la iniciación, generación, encaminamiento o ejecución de las órdenes sin intervención humana para cada negociación u orden”⁶⁴.

Por lo visto, en lo que concierne a esta investigación, se concluye que un *smart contract* no solo puede ser un código informático que automatiza la ejecución de un contrato, sino que también puede ser un acuerdo voluntario destinado a crear, modificar o extinguir obligaciones, que se perfecciona mediante códigos autoejecutables, con o sin intervención humana directa, mediante la utilización de sistemas interoperativos que funcionan a través de IA.

IV. *Smart contracts* y derecho del consumo

Como se viene afirmando, los contratos inteligentes son el soporte jurídico de un nuevo modelo de negocio en internet, marcado por la descentralización y la comercialización de bienes o servicios entre pares, que prescinde de intermediarios. Es previsible que estas herramientas tecnológicas sean utilizadas por empresas para volver más eficientes sus relaciones de comercio, y por ello se hace predecible la incursión de los *smart contracts*, también de forma masiva, en las relaciones de consumo.

El lenguaje binario utilizado para la redacción del *smart contract* y la inmutabilidad e irreversibilidad que los caracteriza, supone tanto ventajas como riesgos para el consumidor. Los beneficios se pueden resumir en que la redacción original del contrato inteligente en lenguaje informático supone la composición en términos simples, claros y objetivamente verificables de las cláusulas del contrato, lo que implica una mayor claridad y transparencia en las condiciones pactadas.

Por su parte, la inmutabilidad aumenta la seguridad en la relación, no solo porque evidentemente impide su modificación posterior, sino porque esto obliga a que se prevean en un solo documento la totalidad de las hipótesis que interesan a las partes, aumentando así la transparencia en la relación de consumo, particularmente en lo que atiene a la información sobre las condiciones contractuales y sus consecuencias económico-jurídicas; criterios que constituyen el núcleo esencial del

64 Aguilar Alonso, I., “La Directiva 2014-65-UE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de mayo de 2014, relativa a los mercados de instrumentos financieros (MIFID II)”, *Actualidad Jurídica*, n.º 38, 2014, 93, disponible en: <https://vlex.es/vid/directiva-2014-65-ue-554033502> [consultado el 30 de junio de 2022].

control de transparencia a los que alude la sentencia hito del Tribunal de Justicia de la Unión Europea (TJUE) de 21 de diciembre de 2016, y que han sido adoptados también por distintos tribunales nacionales, por ejemplo, por el Tribunal Supremo Español, en STS 1916/2013–ECLI:ES:TS:2013:1916⁶⁵.

La irreversibilidad de la ejecución, a su turno, disminuye el riesgo de contraparte, pues reduce las probabilidades de que el proveedor incumpla; en su defecto, garantiza *ex ante* el remedio restitutorio, lo que conduce a incentivar el cumplimiento, sobre todo, en aquellos supuestos en los que el proveedor pudiera verse tentado a incumplir a sabiendas de que, por el reducido valor de las prestaciones, la relación costo-beneficio dificultaría una reclamación judicial del consumidor.

De acuerdo con Werbach y Cornell, el contrato –por sí mismo, y gracias a su naturaleza condicional– verifica situaciones de hecho a través de oráculos definidos por las partes y hace efectiva la prestación acordada, bien sea el pago de una garantía, la transferencia de alguna propiedad, u otra⁶⁶. Conforme lo visto, puede afirmarse, siguiendo a O’Shields, que los *smart contracts* son igualitarios por naturaleza, en la medida en que aseguran el cumplimiento del objeto contractual de forma automática, o en su defecto, los remedios contractuales pactados protegen al consumidor⁶⁷.

Visto lo anterior, lo cierto es que estas herramientas fueron diseñadas principalmente para que personas en internet puedan comerciar sin intermediarios en un sistema *peer to peer*, transfiriendo valor a través de internet; de hecho, ya en el año 2012, la mitad de las compras en internet eran de contenido digital⁶⁸. Es decir, los *smart contracts* fueron originalmente pensados para la negociación en el marco de relaciones igualitarias, sobre bienes y servicios digitales o desmaterializados, por lo que algunas de sus características pueden reñir con supuestos normativos de carácter tuitivo⁶⁹, particularmente aquellas relativas a la protección de los consumidores.

De manera que las características antes descritas también suponen riesgos que imponen retos al moderno derecho del consumo. Por ejemplo, la redacción del contrato en lenguaje de código resulta, en apariencia, difícilmente conciliable con la exigencia de informar a los consumidores de forma previa, clara, inequívoca

65 Tribunal de Justicia de la Unión Europea, *Francisco Gutiérrez Naranjo contra Cajasar Banco SAU, Ana María Palacios Martínez contra Banco Bilbao Vizcaya Argentaria SA (BBVA), Banco Popular Español SA contra Emilio Irlés López y Teresa Torres Andreu*, 2016.

66 Werbach, K. y Cornell, N., “Contracts Ex Machina”, cit., 7.

67 O’Shields, R., “Smart Contracts: Legal Agreements for the Blockchain”, *North Carolina Banking Institute*, vol. 21, n.º 1, 2017, 177, disponible en: <https://scholarship.law.unc.edu/ncbi/vol21/iss1/11> [consultado el 28 de junio de 2022].

68 Cámara Lapuente, S., “La nueva protección del consumidor de contenidos digitales tras la Ley 3/2014, de 27 de marzo”, *Revista CESCO de Derecho de Consumo*, n.º 11, 2014, 79-167, disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4842483> [consultado el 28 de junio de 2022].

69 Madrid Parra, A., “Smart contracts-Fintech”, cit., 8.

y comprensible sobre las condiciones del contrato y las consecuencias que de estas se derivan; no obstante, por lo general, los contratos inteligentes admiten el acceso a un software cuya interfaz lo expresa en lenguaje natural, lo que permite la comprensión de sus efectos y el alcance de las condiciones contractuales, en los términos que exigen tanto la directiva comunitaria europea como la mayoría de las legislaciones nacionales occidentales sobre la materia, en particular la española y la colombiana.

Otro riesgo presente en los *smart contracts* es la falta de identificación de la contraparte, que en contratos de consumo es obligatoria en todos los ordenamientos analizados, dada la usual posibilidad de utilización de seudónimos en plataformas públicas y abiertas como *Ethereum*.

Para superarlo, en el marco del derecho español, Adela Sierra propone exigir a quien quiera participar en un *smart contract* registrarse previamente en la página web que soportará el contrato, mediante una firma electrónica cualificada –en los términos del Reglamento (UE) n.º 910/2014, del Parlamento y del Consejo, de 23 de julio de 2014 y de la Ley Española n.º 6/2020, de 11 de noviembre– u otro medio equivalente, que permita la identificación plena de las partes; con lo que, además, se reduce el riesgo de anulabilidad por la celebración del contrato por parte de menores de edad. Las aplicaciones de prueba de identidad disponibles en la red podrían ser otro mecanismo útil⁷⁰.

En igual sentido, las características de inmutabilidad y la autoejecutabilidad del contrato inteligente pueden amenazar, a su vez, los mecanismos normativos de protección actual de los consumidores, como el derecho de retracto o de desistimiento, la reversión del pago o la inaplicación de ciertos remedios, a menos que se programen protocolos internos que permitan modificarlo o detener su ejecución. Si bien esta solución es técnicamente posible, recurrir a ella desnaturalizaría el *smart contract* para degradarlo a un mero contrato electrónico semiautomatizado, por lo que no resultaría particularmente atractivo celebrarlo en aquellos supuestos en que tales características estén ausentes.

Bajo tal comprensión, la compatibilidad entre el derecho de retracto y los contratos inteligentes debe analizarse teniendo en cuenta que existen hipótesis legales donde tal prerrogativa no opera; por ejemplo, en el comercio de bienes digitales sin soporte material, uno de los campos con mayor potencial de desarrollo para los *smart contracts*. En ese sentido, en algunas jurisdicciones se ha venido asentando una regulación que excluye de este derecho tales convenciones.

En España, por ejemplo, el artículo 103 del Texto Refundido de la Ley General para la Defensa de los Consumidores y Usuarios (TRLGDCU) excluye expresamente, del derecho de desistimiento, “[e]l suministro de contenido digital que no se preste en un soporte material cuando la ejecución haya comenzado y, si el contrato impone al consumidor o usuario una obligación de pago”, siempre y cuando el consumidor

70 Serra Rodríguez, A., “Los *smart contracts* en el derecho contractual”, cit., 11.

o usuario haya otorgado su consentimiento previo para iniciar la ejecución durante el plazo para desistir o haya expresado su conocimiento de que, en consecuencia, pierde su derecho de desistimiento y, a su vez, el empresario haya proporcionado una copia del contrato en formato duradero, digital o análogo⁷¹.

Regulación similar existe en Colombia, en el artículo 47 de la Ley 1480 de 2011, que exceptúa del derecho de retracto en aquellos contratos que por su naturaleza no deban consumirse o no hayan comenzado a ejecutarse antes de cinco días; por lo cual se debe entender esta prerrogativa como excluida de las relaciones de consumo a través de contratos inteligentes cuando el objeto del contrato se enmarque en tales excepciones legales.

Otro riesgo para el consumidor surge con la posibilidad de programar una función de autodestrucción del contrato, en ocasiones sin necesidad de validación o autorización previa. Para gestionarlo, una solución plausible podría encontrarse en la posibilidad de celebrar un conjunto de contratos inteligentes coligados, en el que al menos uno tenga como finalidad concreta servir de garantía de cumplimiento y conformidad con la prestación pactada; sin perder de vista que, además de que el consumidor conozca previamente las condiciones del contrato y pueda confirmarlas previamente, también es necesario que se conserve una prueba de su existencia y cumplimiento, como lo prevén los artículos 98.7 y 99.2 de la del TRLGDCU, en España, y el artículo 50 de la Ley 1480 de 2011, en Colombia.

Una solución extrínseca también podría encontrarse en precisos remedios contractuales ya existentes, al amparo de los cuales sería perfectamente posible exigir el cumplimiento *–in natura* o por equivalente– de aquella prestación incumplida o cumplida defectuosamente, sin que importe demasiado que en el clausulado del contrato se haya o no pactado dicha posibilidad, o se haya asumido determinada obligación de conformidad o garantía con el bien o servicio subyacente, pues bastaría entender que los contratos no solo obligan a lo pactado literalmente, sino a todo lo que de su naturaleza se desprenda, o a lo que resulte comúnmente aplicable conforme con la regulación de la figura típica de la que se trate.

Todo ello se enmarca en el concepto de la buena fe contractual y los deberes secundarios de conducta que de ella se derivan⁷²; sin desconocer que, dependiendo del tipo específico de contratación incorporada al *smart contract*, se deberán aplicar las normas especiales y sus mecanismos de protección; como sucede en la Unión Europea, por ejemplo, con las directivas 2019/770 y 2019/771, ambas

71 De la Fuente Núñez de Castro, M. S., “La formalización del proceso contractual en la compraventa directa y en la compraventa a distancia tras la reforma operada por la Ley 3/2014, de 27 de marzo, por la que se modifica el Texto Refundido de la Ley General para la Defensa de los Consumidores y Usuarios y otras leyes complementarias”, *Boletín del Ministerio de Justicia*, n.º 2167, 2014, 1-22, disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4797775> [consultado el 2 de julio de 2022].

72 Solarte Rodríguez, A., “La buena fe contractual y los deberes secundarios de conducta”, *Universitas*, vol. 53, n.º 108, 2004, 281-315, disponible en: <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/32172> [consultado el 2 de julio de 2022].

de 20 de mayo, promulgadas por el Parlamento y el Consejo, sobre contratos de suministro de contenidos y servicios digitales, y de compraventa, respectivamente.

El derecho de daños también tiene mucho por decir sobre este punto. Una poderosa razón para atribuir responsabilidad civil a las plataformas, proveedores y demás macroestructuras presentes en la arquitectura del *smart contract* atendería a la necesidad del aseguramiento de los riesgos asociados a su actividad, pues sería justamente la creación, el aumento o aprovechamiento de estos lo que constituiría, a su vez, el criterio de atribución del daño indemnizable en un régimen de responsabilidad civil objetivo, de necesaria consagración legal.

Un sistema ideal –en un régimen de tal naturaleza– contemplaría también un seguro de responsabilidad civil obligatorio que permita la socialización de esos riesgos, así como la creación de un fondo de garantía colectiva, que podría alimentarse con una porción del recaudo de las primas de tal seguro obligatorio. Combinados, estos instrumentos pueden asegurar la reparación integral de aquellas víctimas que, por insolvencia o razones similares atribuibles al agente responsable, no logren obtener antes la completa reparación de sus perjuicios⁷³.

Respecto de la aplicación de un régimen de responsabilidad objetiva tendría que analizarse previamente cómo se afectaría el desarrollo de una economía colaborativa y, en general, la masificación, difusión e integración de las herramientas digitales en los mercados. Es decir, si al Estado le interesa incentivar o no este mecanismo, en la medida en que un régimen objetivo supone un desincentivo económico para los agentes interesados en ejercer la actividad riesgosa.

Ahora bien, otra opción es adoptar un régimen de responsabilidad por culpa probada; faltaría por establecer si esta, en realidad, puede impactar positivamente los propósitos económicos, sociales y culturales de la digitalización, o si, por el contrario, asumir un régimen subjetivo implicaría la desprotección de la parte débil del contrato o un retroceso en el reconocimiento del principio *favor victimae*⁷⁴ que tornase injusto el estado de cosas que provienen de tal actividad.

Una solución equilibrada podría encontrarse en un régimen de presunción de culpa; distribuir la carga de la prueba y/o elevar el nivel de diligencia exigible, considerando la profesionalidad de los agentes involucrados, así como la habilitación de un seguro, al menos voluntario, que les permita gestionar racionalmente el riesgo.

Tal solución podría constituir una forma ecuánime para proteger a los débiles y, a la vez, asegurar que quienes despliegan la actividad riesgosa fuente del daño sean condenadas si no toman medidas razonables para evitar la lesión de los distintos intereses protegidos, sin que el costo de las medidas preventivas a

73 Cfr. Garrido Cordobera, L. M. R., *Los daños colectivos*, Bogotá, Pontificia Universidad Javeriana, 2009, 131.

74 Llamas Pombo, E., *Las formas de prevenir y de reparar el daño*, Madrid, Wolters Kluwer, 2020.

adoptar en un régimen de responsabilidad objetiva haga inviable económica y socialmente la actividad.

Dentro de este contexto es necesario mencionar que, a falta de regulación positiva, los *smart contracts* son válidos tanto en España como en Colombia, de acuerdo con los principios de libertad de forma y equivalencia funcional, con reconocimiento normativo expreso en las dos jurisdicciones. En esas circunstancias, los efectos jurídicos de los actos realizados por medios electrónicos serán iguales a los realizados por otros cauces⁷⁵.

En tal sentido, al menos aquellos *smart contracts* que se describieron en el primer nivel de esta investigación bien pueden entenderse como una especie avanzada de contratos electrónicos, a los que se les debe aplicar, en lo pertinente, el régimen de protección al consumidor, principalmente el Título VII (arts. 49 a 54) de la Ley 1480 de 2011 y sus normas concordantes, para el caso colombiano; y, para el español, las disposiciones contenidas en las leyes 1490/1998, sobre Condiciones Generales de la Contratación; 11922/2007, por la que se aprueba el Texto Refundido de la TRLGDCU, y 1100/2002, Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y del Comercio Electrónico (LSSICE) y concordantes⁷⁶.

En conclusión, no se considera particularmente necesaria una regulación *ad hoc* para estos contratos, pues, como quedó visto, existen suficientes mecanismos de protección en las disposiciones normativas reseñadas que lo hacen innecesario e incluso poco recomendable, en aras de evitar una innecesaria dispersión normativa; no obstante, países como Italia, Bielorrusia y algunos estados de Estados Unidos han promulgado recientemente normas que los caracterizan específicamente⁷⁷; la Unión Europea, por su parte, ha dispuesto una estrategia *blockchain* que introduce una agenda con miras, entre otros asuntos, a fortalecer la seguridad jurídica paneuropea en campos como la contratación inteligente.

V. *Smart contracts*, contratación algorítmica y protección del mercado

No sucede lo mismo con la contratación inteligente descrita en los dos niveles superiores de esta investigación, por lo menos no para el caso colombiano, pues se carece de una normativa dirigida a gestionar los riesgos sistémicos que se proyectan para el mercado con la utilización masiva de modelos como la HFT.

75 Polanco López, H. A. “Manifestaciones del principio de equivalencia funcional y no discriminación en el ordenamiento jurídico colombiano”, *Criterio Jurídico*, vol. 16, n.º 1, 2016, 37-67, disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7288115> [consultado el 5 de julio de 2022].

76 Cervera Martínez, M., “Aproximación a la protección del consumidor en los nuevos contratos inteligentes o *smart contracts*”, cit., 22.

77 Díaz Baquero, V. P., “Regulación de los contratos inteligentes en Colombia”, cit., 7.

En lo que concierne a los riesgos que crea o aumenta el uso de esta tecnología, se ha visto, en mercados financieros mucho más robustos que el colombiano, que este modelo de negocio puede ocasionar verdaderas catástrofes económicas si es mal gestionado, lo que incluye carecer de instrumentos regulatorios adecuados para ello.

Un ejemplo claro de los riesgos que representa la HFT para los mercados financieros puede encontrarse en el fenómeno del *Flash Crash*, consistente en una variación súbita de los precios de una gran cantidad de valores que, en general, se recuperan brevemente; sin embargo, estos fenómenos pueden llevar a desestabilizar todo un mercado financiero, incluso a que los actores más vulnerables se vean gravemente perjudicados⁷⁸.

El más famoso se presentó en Estados Unidos el 6 de mayo de 2010, cuando un error en la programación de una operación algorítmica de venta de futuros causó que el índice *Down Jones* de la Bolsa de Valores de Nueva York perdiera cerca de un 6% en cinco minutos, que luego recuperó parcialmente, gracias a la respuesta de los operadores del mercado⁷⁹. Fenómenos similares se han presentado en otras bolsas de valores; por ejemplo, otro error de programación en un algoritmo originó que una sociedad llamada *Knight Capital* perdiera en 2012 más de 440 millones de dólares en menos de 45 minutos⁸⁰.

Pero no solo los riesgos propios de la tecnología deben preocupar a los reguladores, sino también las conductas abusivas que, apoyadas en el uso de la tecnología, pueden aumentar exponencialmente los riesgos sistémicos de los mercados bursátiles.

Tácticas predatoras como el *Pinging* –que consiste en la utilización de las ventajas tecnológicas que ofrece la HFT para manipular los precios de grandes operaciones de derivados, realizadas por inversores institucionales–, en el que empresas de HFT, que pueden detectar cuándo estos inversores realizarán grandes operaciones en contratos de futuros, se adelantan a su compra o venta a precios más altos o más bajos, según su conveniencia⁸¹; o como el *Quote stuffing*, en el que se envían y cancelan una gran cantidad de ofertas con el único fin de manipular

78 Crespo Yeguas, J., “Negociación de alta frecuencia (*High Frequency Trading*)”, tesis de pregrado, Universidad de Valladolid, 2019, 19, disponible en: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/35941> Universidad de Valladolid, 2019 [consultado el 10 de julio de 2022].

79 Kirilenko, A. A.; Albert, S. K.; Mehrdad, S. y Tugkan, T., “Automation, Intermediation and the Flash Crash”, 2018, 1-22, disponible en: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3119363> [consultado el 10 de julio de 2022].

80 Ibáñez Alvy, A., “El fallo de software que propició un desastre bursátil de 440 millones de dólares en 45 minutos”, RTVE.es, 2012, disponible en: <https://www.rtve.es/noticias/20120807/fallo-software-propicio-desastre-bursatil-440-millones-dolares-45-minutos/555154.shtml> [consultado el 15 de julio de 2022].

81 Scopino, G., “The (Questionable) Legality of High-Speed ‘Pinging’ and ‘Front Running’ in the Futures Markets”, *Connecticut Law Review*, vol. 47, 2015, 607, disponible en: <https://ssrn.com/abstract=2432359> [consultado el 15 de julio de 2022].

artificialmente el precio de determinados valores, representan riesgos importantes para la estabilidad de los mercados financieros.

Existen otras conductas igualmente abusivas que se valen de la HFT para obtener ventajas ilícitas en estos mercados, v.gr., el *Layering*, que es una estrategia en la que, como explica Gomber, el *trader* genera muchas órdenes de compra o venta –según su posición de interés–, con diferentes límites de precio, alterando artificialmente la presión sobre el activo con la finalidad de negociar en la posición opuesta, y luego, las órdenes originales de la otra posición se cancelan antes de la negociación⁸²; y también el *Spoofing*, que implica la emisión simulada de ofertas de compra y venta de activos, en busca de dar una falsa apariencia de demanda, oferta o liquidez en el mercado, de tal forma que se consiga alterar el comportamiento del resto de sujetos, para lograr una transacción ventajosa⁸³.

Las anteriores conductas pueden desestabilizar los mercados y afectar la economía de todo un país. Se concluye, entonces, que es en este fenómeno en donde deben enfocarse los esfuerzos regulatorios en relación con la contratación inteligente, tanto en aquellos países que aún no lo hacen, pese a que sus mercados bursátiles ya operan con estos modelos de negocios, como en aquellos que sí, en cuyo caso la revisión permanente de sus sistemas normativos es recomendable, dado el frenético avance de la tecnología y la especial sensibilidad de las economías nacionales por causa de los mercados financieros.

En este sentido, se observaron dos modelos relevantes de regulación de la HFT: uno, que se podría llamar flexible, disperso y pasivo, como el de Estados Unidos, mercado en el que la *Securities and Exchange Commission* (SEC U.S.) ejerce una supervisión directa sobre la HFT, y la *Commodity Futures Trading Commission* (CFTC) hace lo propio con los mercados de futuros y de *Swaps*⁸⁴.

En este modelo, el marco normativo actual está constituido, principalmente, por la *Regulation National Market System* (RegNMS), promulgada por la SEC en 2005 para modificar la *Securities Exchange Act* de 1934, que introduce un mecanismo conocido como *Order Protection Rule*, con la cual se prohibió la ejecución de operaciones a precios inferiores a las cotizaciones protegidas de otros centros de negociación; y por la Ley Dodd-Frank de 2010, que modificó la *Commodity Exchange Act* para prohibir la ejecución de prácticas de negociación disruptivas, entre las que se incluyeron conductas abusivas como el *Spoofing*.

En contraste, la Unión Europea cuenta con un mismo marco regulador para todos los Estados miembros, que funciona bajo el esquema de un mercado único, conocido como MiFID II (MiFIR), el cual fue adoptado por la Directiva 2014/65/UE,

82 Gomber, P.; Koch, J. A. y Siering, M. “Digital Finance and Fintech: Current Research and Future Research Directions”, *Journal of Business Economics*, n.º 87, 2017, 537-580, disponible en: <https://papers.ssrn.com/abstract=2928833> [consultado el 22 de julio de 2022].

83 Calleja Beltrán, J., “La negociación algorítmica de alta frecuencia y su incidencia en las estrategias de mercado”, cit., 16.

84 *Ibid.*

del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de mayo de 2014, que para el caso de las negociaciones HFT puede describirse como estricto, pues obliga a las empresas de servicios de inversión (ESI) que operen bajo esta modalidad a registrarse como sociedades de valores, a celebrar acuerdos con los centros de negociación donde desarrollen estrategias de creación de mercado, a tener permanente supervisión y hacer pruebas de capacidad y resistencia a los algoritmos que utilicen.

Así mismo, el modelo europeo limita la introducción de órdenes no ejecutadas por cada participante y unifica la variación mínima del precio de los activos del mercado en toda la Unión Europea, según rangos de precios y bandas de liquidez por número de operaciones del mercado más líquido⁸⁵.

En Colombia, pese a que no existe norma que regule la actividad HFT, el Autorregulador del Mercado de Valores promulgó dos manuales de buenas prácticas para la negociación algorítmica de divisas (MIG-21) y de valores (MIG-22)⁸⁶ que, en resumen, recomiendan la adopción de políticas de documentación, realización de pruebas, establecimiento de límites de operación, definición de planes de contingencia y la determinación de usuarios responsables de los algoritmos de negociación.

Para la formulación de las recomendaciones MIG-21 y MIG-22 se afirmó haber tenido como referente algunas de las prácticas que sobre estas materias han sido adoptadas en Estados Unidos, la Unión Europea y el Reino Unido, sin que se explique cómo se logró la armonización de tales recomendaciones, dada las diferencias estructurales y de enfoque que existen entre estos sistemas regulatorios.

Conclusiones

A la luz lo anterior, puede concluirse en la existencia de los contratos inteligentes, los cuales pueden ubicarse en distintos niveles dependiendo de su grado de automatización y autonomía negocial; a partir de ello, resulta necesario el reconocimiento de un consentimiento algorítmico, así como reflexionar sobre su impacto en la estructura sistémica del derecho, para lo cual se ha propuesto abordar el fenómeno desde la figura de la delegación impropia, que permite el reconocimiento de efectos jurídicos a los acuerdos voluntarios celebrados por algoritmos, sin intervención humana, y sin que conduzca a la –hasta ahora inviable– atribución de personalidad jurídica a un robot.

Por otro lado, no se observa una necesidad apremiante de regular la interacción entre los *smart contracts* y el derecho del consumo, por considerar que existen

85 Crespo Yeguas, J., “Negociación de alta frecuencia (*High Frequency Trading*)”, cit., 24.

86 AMV, “MG 21 – Mejores prácticas para la administración y gestión de algoritmos de negociación en divisas – AMV Colombia”, 2022, disponible en: https://www.amvcolombia.org.co/manuales_y_guias/mg21-mejores-practicas-para-la-administracion-y-gestion-de-algoritmos-de-negociacion-en-divisas/ [consultado el 25 de julio de 2022].

suficientes herramientas normativas para entenderlos incorporados al ordenamiento, bajo el entendido de que, para las hipótesis que regulan las normas tuitivas, estos bien pueden ser considerados un tipo avanzado de contratos electrónicos.

A una conclusión distinta se arriba cuando se analizan tipos más avanzados de contratos inteligentes, particularmente aquellos que incorporan inteligencia artificial y operan en mercados de especial sensibilidad para la economía, como el bursátil. En tales supuestos sí se considera necesaria una intervención regulatoria que proteja al mercado de los riesgos que presentan esquemas como la HFT, provenientes principalmente de fallas tecnológicas y de conductas abusivas en aprovechamiento de las ventajas competitivas que la robustez y el refinamiento de ciertos algoritmos ofrecen.

Referencias

- Aguilar Alonso, I., “La Directiva 2014-65-UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de mayo de 2014, relativa a los mercados de instrumentos financieros (MIFID II)”, *Actualidad Jurídica*, n.º 38, 2014, 91-95, disponible en: <https://vlex.es/vid/directiva-2014-65-ue-554033502> [consultado el 30 de junio de 2022].
- Alterini, A. A., *Treinta estudios de derecho privado*, Bogotá, Pontificia Universidad Javeriana–Temis, 2011.
- AMV, “MG 21 – Mejores prácticas para la administración y gestión de algoritmos de negociación en divisas – AMV Colombia”, 2022, disponible en: https://www.amvcolombia.org.co/manuales_y_guias/mg21-mejores-practicas-para-la-administracion-y-gestion-de-algoritmos-de-negociacion-en-divisas/
- Argelich Comelles, C. A., “*Smart contracts* o *Code is Law*: soluciones legales para la robotización contractual”, *InDret*, n.º 2, 2020, 1-41, disponible en: https://www.academia.edu/42249439/Smart_contracts_o_Code_is_Law_soluciones_legales_para_la_robotizaci%C3%B3n_contractual [consultado el 9 de junio de 2022].
- Ariño Ortiz, G., *La bolsa española: marco institucional. Estudios de derecho bancario y bursátil*, Madrid, Centro de Documentación Bancaria y Bursátil, 1987.
- Ariza Vesga, R. A., “Las nuevas tecnologías y su impacto en el contrato de seguro en Colombia”, 2021, disponible en: <http://www.arizaygomez.com/2022/02/las-nuevas-tecnologias-y-su-impacto-en.html> [consultado el 21 de mayo de 2022].
- Bacina, M., “Smart Contracts and Contract Disputes”, *Medium* (blog), 2018, disponible en: <https://medium.com/@MikeBacina/smart-contracts-and-contract-disputes-4f277ae0b556> [consultado el 2 de mayo de 2022].
- Badaró, S.; Ibáñez, L. J. y Martín J. A., “Sistemas expertos: fundamentos, metodologías y aplicaciones”, *Ciencia y Tecnología*, n.º 13, 2013, 349-364, disponible en: https://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/13/CyT_13_24.pdf [consultado el 29 de mayo de 2022].
- BBVA, “¿Es ‘blockchain’ la oportunidad que los músicos llevan años esperando?”, *BBVA Noticias* (blog), 2018, disponible en: <https://www.bbva.com/es/blockchain-oportunidad-musicos-llevan-anos-esperando/> [consultado el 21 de mayo de 2022].

- Beiner, N.; Harreis, H.; Poppensieker, T.; Sojka, D. y Thaten, M., “Getting to Grips with Counterparty Risk”, McKinsey Working Papers on Risk n.º 20, 2010, 1-16, disponible en: https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/dotcom/client_service/Risk/Working%20papers/20_Getting_Grips_Counterparty_Risk.ashx [consultado el 25 de junio de 2022].
- Bianca, C. M., *Diritto civile: l'obbligazione*, Milano, Giuffrè, 1978.
- Bourque, S. y Fung Ling Tsui, S., “A Lawyer’s Introduction to Smart Contracts”, *Scientia Nobilitat Reviewed Legal Studies*, 2014, 4-23, disponible en: https://dlb10bmlvqabco.cloudfront.net/attach/ihxhd3vwmmb6q7/ihxhdojgu4r1ww/ip8arzfsgvkr/A_Lawyers_Introduction_to_Smart_Contracts.pdf [consultado el 4 de mayo de 2022].
- Brophy, R., “Blockchain and Insurance: a Review for Operations and Regulation”, *Journal of Financial Regulation and Compliance*, vol. 28, n.º 2, 2019, 215-234, disponible en: <https://doi.org/10.1108/JFRC-09-2018-0127> [consultado el 28 de mayo de 2022].
- Calleja Beltrán, J., “La negociación algorítmica de alta frecuencia y su incidencia en las estrategias de mercado”, TFM, Madrid, Universidad Pontificia Comillas, 2021, disponible en: <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/46764> [consultado el 25 de junio de 2022].
- Cámara Lapuente, S., “La nueva protección del consumidor de contenidos digitales tras la Ley 3/2014, de 27 de marzo”, *Revista CESCO de Derecho de Consumo*, n.º 11, 2014, 79-167, disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4842483> [consultado el 28 de junio de 2022].
- Cervera Martínez, M., “Aproximación a la protección del consumidor en los nuevos contratos inteligentes o *smart contracts*”, *Actualidad Civil*, n.º 6, 2019, 12-36, disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7050967> [consultado el 25 de mayo de 2022].
- Corte Suprema de Justicia, Gaceta Judicial, XLVII, n.º 1940, 1938.
- Crespo Yeguas, J., “Negociación de alta frecuencia (*High Frequency Trading*)”, tesis de pregrado, Universidad de Valladolid, 2019, disponible en: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/35941> [consultado el 5 de junio de 2022].
- Dannen, C., *Introducing Ethereum and Solidity*, Berkeley, Apress, 2017.
- De la Fuente Núñez de Castro, M. S., “La formalización del proceso contractual en la compraventa directa y en la compraventa a distancia tras la reforma operada por la Ley 3/2014, de 27 de marzo, por la que se modifica el Texto Refundido de la Ley General para la Defensa de los Consumidores y Usuarios y otras leyes complementarias”, *Boletín del Ministerio de Justicia*, n.º 2167, 2014, 1-22, disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4797775> [consultado el 2 de julio de 2022].
- Díaz Baquero, V. P., “Regulación de los contratos inteligentes en Colombia”, tesis de posgrado, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 2019, disponible en: <http://repositorio.javeriana.edu.co/handle/10554/46186> [consultado el 15 de mayo de 2022].

- Estrada, F., “Ronald Coase y los costos de transacción”, Universidad Externado de Colombia, Facultad de Finanzas, Gobierno y Relaciones Internacionales, 2012, disponible en: <https://mpr.aub.uni-muenchen.de/39997/> [consultado el 1 de julio de 2022].
- Feliú Rey, J., “*Smart contract*: concepto, ecosistema y principales cuestiones de derecho privado”, *La Ley Mercantil*, n.º 47, 2018, 1-25.
- Finlay, J. y Dix, A., *An Introduction to Artificial Intelligence*, London, CRC Press, 1996.
- Fortich, S., “Una nota sobre formación y formalismo del contrato electrónico”, *Revista de Derecho Privado*, Universidad Externado de Colombia, n.º 20, 2011, 347-57, disponible en: <https://papers.ssrn.com/abstract=1876564> [consultado el 20 de mayo de 2022].
- Garrido Cordobera, L. M. R., *Los daños colectivos*, Bogotá, Pontificia Universidad Javeriana, 2009.
- Ghodoosi, F., “Contracting in the Age of Smart Contracts”, *Washington Law Review*, n.º 96, 2021, 51-92, disponible en: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3449674> [consultado el 21 de mayo de 2022].
- Giaccaaglia, M., “*Blockchain* y *smart contracts* entre la normativa europea y el Código Civil español”, *Revista Aranzadi de Derecho y Nuevas Tecnologías*, n.º 51, 2019, 107-123, disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7135390> [consultado el 22 de abril de 2022].
- Giraldo Escobar, S. A., “Negociación algorítmica de acciones por medio de aprendizaje por refuerzo profundo”, tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, 2021, disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/80758/98554412.2021.pdf?sequence=2&isAllowed=y> [consultado el 5 de junio de 2022].
- Gomber, P.; Koch, J. A. y Siering, M., “Digital Finance and Fintech: Current Research and Future Research Directions”, *Journal of Business Economics*, n.º 87, 2017, 537-580, disponible en: <https://papers.ssrn.com/abstract=2928833> [consultado el 22 de julio de 2022].
- Gómez Díaz de León, C. y De León de la Garza, E. A., *Método comparativo*, México D. F., Tirant Humanidades, 2014.
- González Meneses, M., “*Smart contracts*, ¿una economía sin derecho contractual?”, *Academia Matritense del Notariado*, 88, 2019, 55-87, disponible en: <https://www.elnotario.es/especial-50-numeros-de-ensxxi/70-secciones/academia-matritense-del-notariado/9760-smart-contracts-una-economia-sin-derecho-contractual> [consultado el 28 de abril de 2022].
- Hena Escobar, A., “Algoritmos de inversión: una oportunidad para mejorar la inversión en Colombia”, tesis de grado, Universidad de los Andes, 2021, disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/51665> [consultado el 5 de junio de 2022].
- Hernández Sampieri, R., *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*, México D. F., McGraw Hill, 2018.

- Hinestrosa, F., *Tratado de las obligaciones: concepto, estructura, vicisitudes*, Bogotá, Universidad Externado de Colombia, 2007.
- Ibáñez Alvy, Á., “El fallo de software que propició un desastre bursátil de 440 millones de dólares en 45 minutos”, RTVE.es, 2012, disponible en: <https://www.rtve.es/noticias/20120807/fallo-software-propicio-desastre-bursatil-440-millones-dolares-45-minutos/555154.shtml> [consultado el 15 de julio de 2022].
- Kirilenko, A. A.; Albert, S. K.; Mehrdad S. y Tugkan, T., “Automation, Intermediation and the Flash Crash”, 2018, disponible en: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3119363> [consultado el 10 de julio de 2022].
- Legerén Molina, A., “Los contratos inteligentes en España (La disciplina de los *smart contracts*)”, *Revista de Derecho Civil*, vol. 5, n.º 2, 2018, 193-241.
- Llamas Pombo, E., *Las formas de prevenir y de reparar el daño*, Madrid, Wolters Kluwer, 2020.
- Lopes, F.; Wooldridge, M. y Novais, A., “Negotiation among Autonomous Computational Agents: Principles, Analysis and Challenges”, *Artificial Intelligence Review*, vol. 29, n.º 1, 2008, 1-44, disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10462-009-9107-8> [consultado el 2 de junio de 2022].
- López Roca, L. F., “Algunas problemáticas sobre los contratos inteligentes y los oráculos. Una reflexión sobre el ‘Problema del Oráculo’”, en Henao, J. C. y Castaño, D. (eds.), *Disrupción tecnológica, transformación digital y sociedad*, t. III, *Derecho, innovación y tecnología: fundamentos para el mundo digital*, Bogotá, Universidad Externado de Colombia, 561-639.
- Madrid Parra, A., “*Smart contracts-Fintech*: reflexiones para el debate jurídico”, *Revista Aranzadi de Derecho y Nuevas Tecnologías*, n.º 52, 2020, 26-79, disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7345974> [consultado el 4 de mayo de 2022].
- Naciones Unidas, Convención de las Naciones Unidas sobre la Utilización de las Comunicaciones Electrónicas en los Contratos Internacionales. Nueva York, 23 de noviembre de 2005, 2012, disponible en: <https://www.dipublico.org/10753/convencion-de-las-naciones-unidas-sobre-la-utilizacion-de-las-comunicaciones-electronicas-en-los-contratos-internacionales-nueva-york-23-de-noviembre-de-2005/> [consultado el 30 de junio de 2022].
- Nakamoto, S., “Bitcoin: un sistema de efectivo electrónico usuario-a-usuario”, *Diario Bitcoin*, 2008, disponible en: https://bitcoin.org/files/bitcoin-paper/bitcoin_es_latam.pdf [consultado el 25 de abril de 2022].
- Nofer, M.; Peter Gomber, O. H. y Schiereck, D., “Blockchain”, *Business & Information Systems Engineering* vol. 59, n.º 3, 2017, 183-187, disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12599-017-0467-3> [consultado el 25 de abril de 2022].
- Ocariz, E., *Blockchain y smart contracts: la revolución de confianza*, Bogotá, RC Libros-Alfaomega, 2019.
- O’Shields, R., “Smart Contracts: Legal Agreements for the Blockchain”, *North Carolina Banking Institute*, vol. 21, n.º 1, 2017, 177-194, disponible en: <https://scholarship.law.unc.edu/ncbi/vol21/iss1/11> [consultado el 28 de junio de 2022].

- Páramo Morales, D., “La teoría fundamentada (*Grounded Theory*), metodología cualitativa de investigación científica”, *Pensamiento & Gestión*, n.º 39, 2015, vii-xviii, disponible en: [n39a01.pdf \(scielo.org.co\)](https://n39a01.pdf(scielo.org.co)) [consultado el 10 de febrero de 2023].
- Panisi, F., “Blockchain and ‘Smart Contracts’: FinTech Innovations to Reduce the Costs of Trust”, *Stanford Law School*, 2017, 1-21 disponible en: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3066543> [consultado el 25 de junio de 2022].
- Polanco López, H. A., “Manifestaciones del principio de equivalencia funcional y no discriminación en el ordenamiento jurídico colombiano”, *Criterio Jurídico*, vol. 16, n.º 1, 2016, 37-67, disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7288115> [consultado el 5 de julio de 2022].
- Rengifo García, E., “Reflexiones sobre el contrato inteligente”, *Revista de la Academia Colombiana de Jurisprudencia*, vol. 1, n.º 373, 2021, 3-55, disponible en: https://revista.academiacolombianadejurisprudencia.com.co/index.php/revista_acj/article/view/187 [consultado el 10 de junio de 2022].
- Savelyev, A., “Contract Law 2.0: ‘Smart’ Contracts as the Beginning of the End of Classic Contract Law”, *Information and Communications Technology Law*, vol. 26, n.º 2, 2017, 116-34, disponible en: <https://doi.org/10.1080/13600834.2017.1301036> [consultado el 12 de mayo de 2022].
- Scopino, G., “The (Questionable) Legality of High-Speed ‘Pinging’ and ‘Front Running’ in the Futures Markets”, *Connecticut Law Review*, vol. 47, 2015, 607-697, disponible en: <https://ssrn.com/abstract=2432359> [consultado el 15 de julio de 2022].
- Serra Rodríguez, A., “Los *smart contracts* en el derecho contractual”, *Revista Aranzadi de Derecho y Nuevas Tecnologías*, n.º 56, 2021, 25-60, disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7996606> [consultado el 25 de mayo de 2022].
- Solarte Rodríguez, A., “La buena fe contractual y los deberes secundarios de conducta”, *Vniversitas*, vol. 53, n.º 108, 2004, 281-315, disponible en: <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/32172> [consultado el 2 de julio de 2022].
- Szabo, N., “Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets”, originalmente en *EXTROPY: The Journal of Transhumanist Thought*, n.º 16, 1996, 50-53, disponible en: <http://www.truevaluemetrics.org/DBpdfs/BlockChain/Nick-Szabo-Smart-Contracts-Building-Blocks-for-Digital-Markets-1996-14591.pdf> [consultado el 15 de marzo de 2022].
- Tapscott, D. y Tapscott, A., *La revolución blockchain: descubre cómo esta nueva tecnología transformará la economía global*, Barcelona, Deusto, 2017.
- Tribunal de Justicia de la Unión Europea, *Francisco Gutiérrez Naranjo contra Caja sur Banco SAU, Ana María Palacios Martínez contra Banco Bilbao Vizcaya Argentaria SA (BBVA), Banco Popular Español S.A. contra Emilio Irlés López y Teresa Torres Andreu*, 2016.
- Tur Faúndez, C., *Smart contracts: análisis jurídico*, Madrid, Reus, 2018.
- Unión Europea, Directiva 2014/65/UE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de mayo de 2014, relativa a los mercados de instrumentos financieros y por la que se modifican la Directiva 2002/92/CE y la Directiva 2011/61/UE, Diario Oficial

- de la Unión Europea, 2014, disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0065>
- Vilalta Nicuesa, A. E., *Smart legal contracts y blockchain: la contratación inteligente a través de la tecnología blockchain*, Madrid, Wolters Kluwer, 2019.
- Wang, S.; Liwei Ouyang, Y. Y.; Xiaochun Ni, X. H. y Fei-Yue, W., “Blockchain-Enabled Smart Contracts: Architecture, Applications, and Future Trends”, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, vol. 49, n.º 11, 2019, 2266-2277, <https://doi.org/10.1109/TSMC.2019.2895123> [consultado el 2 de mayo de 2022].
- Wellman, M. P.; Greenwald, A. y Stone, P., *Autonomous Bidding Agents: Strategies and Lessons from the Trading Agent Competition*, MIT Press, 2007.
- Werbach, K. y Cornell, N., “Contracts Ex Machina”, *Duke Law Journal*, vol. 67, 2017, 101-170, disponible en: <https://papers.ssrn.com/abstract=2936294> [consultado el 5 de mayo de 2022].
- Zapata Jaramillo, C. M. y González Calderón, G., “A State-of-the-Art Review of Interoperability amongst Heterogeneous Software Systems”, *Ingeniería e Investigación*, vol. 29, n.º 2, 2009, 42-47, <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v29n2.15159> [consultado el 15 de junio de 2022].