



FACULTAD DE DERECHO

LOS CONTRATOS INTELIGENTES: CONCEPTO,
TRANSCENDENCIA JURÍDICA Y ALTERNATIVAS
LEGALES TRADICIONALES DEL ORDENAMIENTO
JURÍDICO ESPAÑOL

Autor: Marta María Navarro Urosa

5 E3 C

Derecho Civil

Tutor: Ana Soler Presas

Madrid

Abril 2019

RESUMEN

Los contratos inteligentes son una modalidad de contratación digital que se caracterizan por ser autoejecutables por sistemas computacionales. Gracias a los recientes avances en Blockchain, tecnología que emplea como base, la contratación inteligente se presenta como una alternativa revolucionaria y transgresora. Por ello, la Doctrina se ha planteado la viabilidad y las ventajas que el sistema legal español podría obtener de estos contratos inteligentes. El objetivo del trabajo consiste en analizar la implementación y las alternativas legales tradicionales de los contratos inteligentes con el fin de aclarar su verdadera utilidad.

En el presente trabajo explicaremos el concepto de contrato inteligente y sus posibles efectos en el ordenamiento jurídico español. Describiremos el recorrido histórico de la contratación digital y estudiaremos la tecnología que sirve de base a los contratos inteligentes. Asimismo, expondremos sus potenciales limitaciones y realizaremos un análisis jurídico del contrato. Finalmente, trataremos los futuros usos de los contratos inteligentes y su interacción con instrumentos legales tradicionales del ordenamiento jurídico español.

Palabras Clave: Contratos Inteligentes, Contratación Digital, Confianza, Autoejecución, Cadena de Bloques, Blockchain, Intermediarios, Obligación de Información, Sistema Registral, Actividad Notarial y Títulos Valor

ABSTRACT

Smart Contracts are a form of digital procurement that is characterized for being self-executable by computable systems. Thanks to the recent improvements on blockchain, technology that constitutes its basis, smart procurement is presented as a revolutionary and transgressive alternative. Therefore, the Doctrine has discussed the viability and advantages that the Spanish legal system could obtain from these smart contracts. The objective of present paper is to analyze the implementation and the traditional legal alternatives of the smart contracts in order to clarify their true utility.

In this paper we will explain the concept of smart contracts and its possible effects in the Spanish legal system. We will describe the historical path of digital procurement and we will study the technology that serves as the basis for smart contracts. We will also expose its potential limitations and conduct a legal analysis of the contract. Finally, we will address the future uses of smart contracts and their interaction with traditional legal instruments of the Spanish legal system.

Keywords: Smart Contracts, Digital Procurement, Trust, Self-execution, Blockchain, Intermediaries, Information Obligation, Registration System, Notarial Activity and Bill of Exchange

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

	Página
I. Introducción.....	1
II. Conceptualización y trascendencia jurídica de los contratos inteligentes.....	3
1. Concepto.....	3
2. Trascendencia jurídica.....	5
III. Evolución de la contratación digital: origen y observaciones preliminares de los contratos inteligentes.....	7
IV. La tecnología detrás de los contratos inteligentes, Blockchain.....	11
1. Origen.....	11
2. Concepto y naturaleza.....	12
3. Funcionamiento.....	13
V. Implicaciones y limitaciones del Blockchain en el contexto de los contratos inteligentes.	15
1. La confianza.....	15
2. Validación de las transacciones.....	16
3. Ejecución automática.....	17
VI. Análisis jurídico de los contratos inteligentes.....	22
1. Principios aplicables y elementos del derecho de contratación electrónica.....	22
2. Formación.....	25
i. Las obligaciones de información en la contratación.....	25
ii. Momento y lugar de perfeccionamiento.....	29
iii. Derecho de desistimiento.....	30
iv. Elementos contractuales esenciales.....	31
v. Lenguaje natural vs. código informático.....	34
3. Valor probatorio.....	37

VII.	Integración de los contratos inteligentes en el mundo real.....	39
	1. Los contratos inteligentes llevados a la práctica.....	39
	2. El futuro de los contratos inteligentes y sus potenciales usos.....	40
VIII.	Aplicación y viabilidad en España; alternativas legales ya existentes en el OJ español.....	42
	1. Títulos Cambiarios Digitales.....	42
	2. Sistema Notarial.....	44
	3. Sistema Registral.....	45
IX.	Conclusión.....	48
X.	Bibliografía.....	51

LISTADO DE ABREVIATURAS

CC	Código Civil
CEO	Chief Executive Officer
CNUDMI	Ley Modelo de Comercio Electrónico
EDI	Electronic Data Interchange
LDCU	Ley General para la Defensa de Consumidores y Usuarios
LEC	Ley de Enjuiciamiento Civil
LH	Ley Hipotecaria
LOPD	Ley Orgánica de Protección de Datos Personales
LSSICE	Ley de servicios de la sociedad de información y de comercio electrónico
P2P	Peer to Peer
<i>p. ej.</i>	Por ejemplo
<i>ss.</i>	Siguientes
STS	Sentencia del Tribunal Supremo
TV	Título Valor

I. Introducción

Una primera aproximación a la definición de contrato inteligente podría ser la siguiente: los contratos inteligentes son aquellos acuerdos representados a través de códigos informáticos y autoejecutados por ordenadores. El cumplimiento automático de los contratos inteligentes es posible gracias al Blockchain, una red descentralizada de nodos informáticos que cooperan entre sí permitiendo y garantizando la ejecución del contrato. En sus inicios, los contratos inteligentes se emplearon en transacciones sencillas y predominantemente financieras. Progresivamente fueron surgiendo estudios y artículos divulgativos que abogaban por expandir la funcionalidad de los contratos inteligentes, aplicándolos a la totalidad de contratos y al cumplimiento de las obligaciones. En opinión de Mik, lo que comenzó como un fenómeno de nicho en los mercados financieros de derivados parece estar dispuesto a revolucionar el sistema jurídico y el comercio actual¹.

Según afirman los defensores de la proliferación de los contratos inteligentes, esta modalidad de contratación permite agilizar el proceso contractual y reducir los costes de la transacción por dos vías, mediante la eliminación de los intermediarios y fundamentalmente mediante la simplificación del proceso ejecutivo, obviando la necesidad de buscar el amparo de las instituciones legales tradicionales como los tribunales. Los previamente mencionados defensores de los contratos inteligentes presentan un rasgo en común, la fascinación, para muchos irracional, hacia la tecnología Blockchain que más adelante se explicará. Mediante sus afirmaciones, Wood y sus seguidores muestran una desconfianza sorprendente por la naturaleza humana, la cual es percibida como inherentemente parcial y poco fiable. Asimismo, tienen la certeza de que los hombres son propensos a cometer errores y por ello no son merecedores de su confianza, mientras perciben los ordenadores como objetivos, fiables e infalibles, pues nunca ejecutarán una orden que no se les haya dado². Por estos motivos, en opinión de Fairfield, la humanidad debería delegar y confiar el proceso contractual a los ordenadores³. Siguiendo esta teoría, el proceso contractual podría prescindir de los intermediarios legales e instituciones judiciales, disminuyendo inevitablemente el peso del juicio humano en el proceso contractual inteligente. En cambio, Mik resalta que desde la práctica comercial los contratos inteligentes pueden ser percibidos como el próximo gran avance tecnológico que permitirá la aplicación firme de los contratos y la normativa legal.⁴

¹ Mik, E., "Smart Contracts: Terminology, Technical Limitations and Real World Complexity" (2017), p. 1

² Wood, G., "Ethereum: A Secure Decentralized Generalized Transaction Ledger" (2015)

³ Fairfield, J.A.T., "Smart Contracts, Bitcoin Bots and Consumer Protection" *Washington and Lee Law Review Online Vol. 35* (2014), p. 37-38

⁴ Mik, E., "Smart Contracts: Terminology, Technical Limitations and Real World Complexity" (2017), p. 2

El análisis jurídico de los contratos inteligentes puede resultar complejo como consecuencia de su origen técnico o tecnológico y por el habitual uso incorrecto e inconsciente de los términos legales. Trataremos de explicar con la mayor claridad posible la tecnología que sirve de soporte a los contratos inteligentes y los complicados mecanismos que la integran y condicionan. El fin último de esta explicación es contrastar las múltiples afirmaciones acerca de sus potenciales aplicaciones y su carácter revolucionario con la realidad comercial y legal que le envuelve. Por otra parte y para mayor confusión, la literatura acerca de los contratos inteligentes se colma de argumentos ideológicos que tratan de identificar ciertas funciones del Blockchain (consenso descentralizado) como soluciones a problemas sociales y económicos más amplios, como por ejemplo a la desilusión hacia las instituciones financieras o la (percibida) desconfianza hacia el sistema legal. Muchas de las alegaciones realizadas en la literatura se basan en la asunción de que ciertos rasgos técnicos de la cadena de bloques (descentralización) son valores absolutos que deben preservarse a toda costa. Siguiendo la misma tendencia, con gran frecuencia la sociedad asume que, porque una tecnología concreta sea innovadora y revolucionaria, tiene un uso comercial deseable o es capaz de solventar la mayoría de sus problemas, aunque finalmente no resulte como esperaban. Siguiendo el razonamiento de Mik, el despliegue práctico de los contratos inteligentes puede generar la aparición de cuestiones tan interesantes como relevantes acerca de si es técnica y legalmente posible automatizar el proceso de contratación en su conjunto.

Los contratos inteligentes son presentados como una propuesta revolucionaria que cambiará nuestra vida a mejor, simplificando el proceso de contratación, abaratándolo e incrementando el éxito de su ejecución. El número de contratos que se firman crece exponencialmente a diario, multiplicando los problemas y contratiempos que tradicionalmente llevan asociados los acuerdos. Es cierto que la aplicación de los contratos inteligentes a la contratación masiva podría ayudar a reducir dichas complicaciones contractuales a las que nos enfrentamos día a día. Pero como hemos expuesto anteriormente existen ciertas dudas acerca de la viabilidad y necesidad de las múltiples aplicaciones que se les quiere atribuir. Este trabajo de fin de grado estará orientado a esclarecer dichas dudas, distinguiendo las aplicaciones verdaderamente necesarias de las prescindibles o sustituibles por otros mecanismos.

II. Conceptualización y trascendencia jurídica de los contratos inteligentes

Para comenzar nuestro análisis acerca de los contratos inteligentes debemos conocer de antemano qué son los contratos inteligentes y qué importancia tienen en el ámbito jurídico.

1. Concepto

Nick Szabo, informático y jurista, es el precursor de los contratos inteligentes, quien definió por primera vez los Smart Contracts en 1997⁵. Szabo desarrolló el concepto de contrato inteligente basándose en las potenciales aplicaciones informáticas del vending machine o máquina expendedora. Las máquinas expendedoras siguen el siguiente procedimiento contractual: mediante la inserción del importe correspondiente en la ranura indicada y la introducción del código que identifica el producto que el consumidor desea adquirir, el comprador está proyectando su consentimiento para la adquisición del producto (formalización del contrato) y la máquina automáticamente ejecutará el contrato mediante la entrega y puesta a disposición del bien objeto del contrato de compraventa.

El lanzamiento de la plataforma Ethereum en 2015 supuso un gran avance para los contratos inteligentes de Szabo. La misión del proyecto Ethereum era el desarrollo generalizado de la tecnología necesaria para crear una plataforma que sirviera de base informática para las transacciones. Ethereum proporciona a los usuarios una plataforma informática de confianza a través de la cual construir sus relaciones jurídicas⁶. Por este motivo Ethereum es a día de hoy la única cadena de bloques completamente pública que permite la creación de contratos inteligentes. Christian Reitwiessner, CEO de Ethereum, definió los contratos inteligentes como la colección de códigos y datos ubicados en una dirección concreta de la cadena de bloques de la plataforma Ethereum. Mientras que los códigos contienen las órdenes que deberá cumplir el contrato inteligente cuando se inicie su ejecución, los datos muestran el estado del contrato.⁷

⁵ Szabo, N., "Formalizing and Securing Relationships on Public Networks" (1997), p. 3

⁶ Wood, G., "Ethereum: A secure Decentralised Generalised Transaction Ledger" (2014), p. 1

⁷ Reitwiessner, C., "Introduction to smart contracts", <https://solidity.readthedocs.io/en/develop/introduction-to-smart-contracts.html>

En el ámbito nacional, han sido numerosas las aproximaciones realizadas por juristas españoles al concepto de contrato inteligente y la naturaleza que le envuelve. Podemos destacar a Puyol Montero quien considera que “los Smart Contracts, también denominados como contratos digitales o contratos inteligentes son protocolos informáticos que facilitan, verifican y hacen cumplir la negociación de un contrato sin necesidad de tener una cláusula contractual.”⁸ Debemos matizar esta definición, puesto que las cláusulas contractuales son los componentes básicos de un contrato al que las partes consienten vincularse. Aunque el contrato se recoja en una plataforma electrónica las partes deberán ceder su consentimiento a la programación de la máquina. Una vez se haya cerrado el acuerdo en el programa informático (completamente diseñado y codificado) no será necesaria una ulterior intervención de las partes.

En la misma línea, Prenafeta Rodríguez reflexiona lo siguiente: “la mayoría de los artículos que abordan este tema suelen definir los Smart Contracts como aquellos contratos que pueden ejecutarse por sí mismos, de forma automatizada y autónoma respecto a las partes. Lo anterior no es una definición, ni muestra sus notas características, ni mucho menos su naturaleza jurídica, así que no sirve de mucho. Los “contratos inteligentes” son secuencias de instrucciones o indicaciones destinadas a ser utilizadas, directa o indirectamente, en un sistema informático.”⁹

Hasta el momento, la definición más precisa realizada ha sido la de Morell Ramos, quien señala que “un Smart Contract o contrato inteligente se refiere al uso de código informático para articular, verificar y ejecutar un acuerdo entre las partes. Mientras que un contrato habitual está redactado mediante lenguaje natural, los términos de un contrato inteligente se expresan en código informático como si de un script se tratara. De ahí que digamos que es un software.”¹⁰

En ningún caso podemos considerar que el mero software ostenta “eo ipso” la condición de jurídica de contrato. Los desarrolladores iniciales de los contratos inteligentes bautizaron a este programa informático con el nombre de contrato inteligente para honrar la creación de Nick Szabo. Mediante el uso del término contrato hacen referencia a cualquier secuencia de código informático que pudiera autoejecutar las pretensiones del contrato

⁸ Puyol Montero, J., “¿Qué son los Smart Contracts o contratos digitales?” (2016)

⁹ Prenafeta Rodríguez, J., “Smart Contracts: aproximación al concepto y problemática legal básica.”, *Diario la Ley*, (2016)

¹⁰ Morell Ramos, J., “Cómo crear un Smart Contract con términos y condiciones.” *Legaltech, Términos y condiciones*, (2016)

inteligente sin considerar si reúnen los requisitos jurídicos esenciales para ser denominados contratos en el sentido legal. Tur Faúndez reconoce que se produce un desligamiento del término contrato con su significado y trascendencia jurídica¹¹. De esta manera podríamos encontrarnos con un “contrato” inteligente autoejecutable que careciera de objeto, y aunque en el sentido informático dicho programa fuera un contrato inteligente, jurídicamente no podríamos denominarlo como tal pues al no reunir los requisitos esenciales no sería un contrato.

2. Trascendencia jurídica

A continuación, analizaremos la trascendencia jurídica de los contratos inteligentes dejando de lado lo expuesto en el apartado anterior y asumiendo que los contratos inteligentes son creados con el fin de producir efectos jurídicos. Desde un punto de vista más tecnológico, Tur Faúndez define los contratos inteligentes como una “secuencia de códigos y datos que se almacenan en una determinada dirección de la cadena de bloques”¹². Desde la perspectiva jurídica, se ha definido tradicionalmente los contratos como el acuerdo de voluntades entre dos partes orientado a crear, modificar o extinguir una relación jurídica entre ellos. Para que dicho acuerdo goce de validez jurídica deberá reunir tres elementos esenciales: consentimiento, objeto, causa y ocasionalmente forma, de lo contrario será considerado nulo (art. 1261 CC). Siguiendo la argumentación de Tur Faúndez, dichos requisitos también deben ser reunidos por los contratos inteligentes para producir efectos jurídicos válidos, debiendo adaptar el programa informático o la plataforma tecnológica para que reúna dichas exigencias. Por ello advierte de la necesidad de ser precavidos cuando nos topemos con el término “contrato inteligente”, pues el mero nombre no le otorga validez jurídica, sino que deberemos analizar su composición para estar seguros de que nos encontramos ante un acuerdo legalmente vinculante.

En suma, Tur Faúndez resalta dos modalidades de contrato inteligente: las secuencias de código sin trascendencia jurídica por carecer de los elementos esenciales contractuales y los contratos inteligentes legalmente vinculantes basados en programas informáticos que reúnen dichos elementos (programa de contrato de arrendamiento de

¹¹ Tur Faúndez, C., “Smart Contracts: Análisis Jurídico” (2018), p. 52-55

¹² Tur Faúndez, C., “Smart Contracts: Análisis Jurídico” (2018), p. 51

vehículo propuesto por Christian Reitwiessner en GitHub¹³ y explicado por Jesús Alfaro¹⁴). La programación del contrato inteligente finaliza con su ubicación en un address o dirección específica de la cadena de bloques a la espera de ser ejecutado por Ethereum Virtual Machine en el momento pactado. Tendrá a su disposición una cuenta personal en la que recibir o transmitir los fondos provenientes de las operaciones¹⁵.

Con carácter general, podríamos encontrar cierto grado de semejanza entre los contratos inteligentes y los formularios de un contrato de adhesión. Esta última modalidad contractual también se ejecutará automáticamente una vez las partes hayan rellenado las casillas correspondientes y hayan manifestado y proyectado su consentimiento sobre el acuerdo. De esta forma garantizan el respeto y salvaguarda de las disposiciones legales aplicables en cada caso. Los contratos inteligentes han sido creados para que permanezcan en el back end o código fuente del software una vez hayan sido correctamente introducidos en la cadena de bloques. En todo software debemos distinguir dos niveles, el front end o procesador frontal, parte de la página web que interactúa con los usuarios y les permite acceder a la información, y el código fuente, donde residen los programas informáticos que procesan la información del front end. Por lo que el acceso a los contratos inteligentes estará restringido a los programadores que conozcan el funcionamiento del sistema informático y será únicamente comprensible a ellos¹⁶.

En opinión de Tur Faúndez, si consideramos los programas informáticos como la traducción en lenguaje de programación del acuerdo entre las partes, el acuerdo y el contrato inteligente son una única voluntad expresada en dos lenguajes diferentes. Por lo que, si la traducción es fidedigna a la voluntad de las partes nos encontraríamos ante un acuerdo vinculante recogido en software. En cambio, otras posiciones doctrinales no consideran como contrato a los programas informáticos, en la medida en que están redactados en un idioma únicamente comprensible para los ordenadores. Si se reconociera validez legal a dichos contratos inteligentes, estaríamos vinculando legalmente a las partes a un acuerdo que no tienen la posibilidad de comprender. Resulta impensable que una parte preste su consentimiento para vincularse a un contrato que no entiende, además de carecer de validez jurídica. Por lo que la validez de los contratos inteligentes estará condicionada a la correcta y comprensible traducción de la voluntad de las partes al lenguaje de codificación.

¹³ Para mayor información puede consultar las siguientes páginas webs: <https://github.com/e18r/lease>
<https://github.com/adnantium/leasables> <https://github.com/BlockLease/contracts>

¹⁴ Alfaro, J., "Los (costes de) los contratos inteligentes (IV)" (2018), <https://derechomercantilespana.blogspot.com/2018/01/los-costes-de-los-contratos.html>

¹⁵ Tur Faúndez, C., "Smart Contracts: Análisis Jurídico" (2018), p. 56-58

¹⁶ Tur Faúndez, C., "Smart Contracts: Análisis Jurídico" (2018), p. 56-58

III. Evolución de la contratación digital: origen y observaciones preliminares de los contratos inteligentes

Las innovaciones tecnológicas han permitido incrementar la velocidad y potencia de los ordenadores, los cuales han suplantado diversas formas de interacción humana en los últimos años. Los correos electrónicos y la mensajería instantánea sustituyeron en su momento al correo tradicional y a las llamadas telefónicas, los contables cambiaron sus libros de contabilidad físicos por las hojas de cálculo informatizadas y el software de planificación de recursos empresariales, los viajeros ya no acuden a una agencia de viajes para comprar billetes de avión cuando desean iniciar un nuevo viaje, sino que los compran online en su web de elección. La automatización de estos servicios ha tenido un impacto importante en el empleo, en el comportamiento empresarial y sobretodo en las interacciones humanas. En muchas ocasiones ha levantado dudas legales y políticas significativas, en especial en el ámbito contractual.¹⁷

Desde hace décadas las empresas han empleado una modalidad de contrato autoejecutable expresado en código con el fin de intercambiar datos electrónicos y comunicarse a través de las distintas fases de la cadena de suministro (EDI)¹⁸. Más adelante se desarrolló el comercio electrónico gracias a los avances de internet, permitiendo a los consumidores iniciar una nueva relación contractual de compraventa con su proveedor online mediante un clic¹⁹. A pesar de su apariencia digital, esta modalidad de contratación electrónica sigue siendo un contrato por escrito recogido en un formato electrónico, cuya esencia y ejecución sigue dependiendo de los seres humanos. Dichas relaciones contractuales serán reguladas por la Ley 34/2002 de 11 de julio de servicios de la sociedad de información y de comercio electrónico (LSSICE) pues abarca toda contratación de bienes y servicios que se haya articulado por vías electrónicas entre las que se encuentran las páginas webs. Puesto que cada vez que un usuario hace clic en el enlace de términos y condiciones de uso de Facebook o Amazon accede a un documento que recoge exhaustivamente las condiciones contractuales a las que se sometería el uso de dichas plataformas. Los tribunales vienen aplicando el derecho de contratos a la contratación digital de igual forma que lo aplican a la contratación física.²⁰

¹⁷ Werbach, K.; Cornell, N., "Contracts ex machina" (2017), p. 108

¹⁸ Surden, H., "Computable Contracts", *U.C Davis L. Rev.* 629, (2012) y Winn, J.K.; Wright, B., "Law of Electronic Commerce" (2001).

¹⁹ Frischmann, B.; Selinger, E., "Engineering Humans with Contracts", *Benjamin N. Cardozo School of Law Faculty Research Paper No. 493*, (2016)

²⁰ Werbach, K.; Cornell, N., "Contracts ex machina" (2017), p. 108

El profesor Harry Surden dio un paso más allá y creó el concepto de contratos orientados a los datos²¹. En esta modalidad contractual las partes expresan una fracción del contrato en un idioma procesable por los sistemas computacionales. Adicionalmente, la ejecución se iniciará mediante el accionamiento del mecanismo previsto por las partes, materializándose generalmente en un clic. Aunque las partes contratantes siguen siendo los sujetos de derecho, la introducción de los ordenadores en el proceso contractual permite su automatización. Werbach y Cornell emplean como ejemplo los contratos de opciones financieras que garantizan el derecho a comprar un activo financiero a un precio determinado y expiran llegada una fecha señalada. Un contrato de opción orientado a los datos representaría el acuerdo a través de códigos informáticos. De forma que, si se dan las condiciones previamente señaladas, el agente de bolsa dará dos órdenes simultáneas mediante un clic, la de transferir el activo financiero al comprador y la de realizar el cargo a cuenta por el importe correspondiente.²²

En opinión de Surden, la siguiente fase en el proceso evolutivo de la contratación digital nos llevaría a los contratos computables. Esta modalidad contractual otorga a los sistemas informáticos el poder para realizar valoraciones preliminares y evaluaciones automatizadas acerca del cumplimiento del acuerdo. Continuando con su ejemplo del contrato de la opción financiera, el agente de bolsa dispondría de un programa informático capaz de evaluar, determinar y alertar si el precio o el plazo de una proposición de compra coincide con los términos expresados en el contrato de la opción. El requisito formal fundamental para la eficiencia del contrato computacional es que haya sido redactado empleando una semántica legal que siga una lógica comprensible y procesable por un ordenador. Por lo que las partes podrán construir el contrato computacional mediante la inserción de cláusulas previstas en un menú de opciones, las cuales deberán incluir una descripción detallada de sus funciones. Adicionalmente, cualquier dato que resulte necesario e imprescindible para la ejecución del contrato deberá estar disponible en versión digital. Werbach y Cornell opinan que otorgando a las máquinas la habilidad de determinar si un contrato ha sido ejecutado podría reducir considerablemente los costes de transacción.

La evolución de la contratación digital previamente descrita muestra una clara tendencia hacia la mayor autonomía de las máquinas. Siguiendo la obra de Werbach y Cornell, conforme se va delegando a los ordenadores la negociación, cumplimiento y ejecución de los contratos, se incrementará la velocidad y consistencia con la que operan los acuerdos, incrementando progresivamente su parecido a las máquinas. Adicionalmente, los autores

²¹ Surden, H., "Computable Contracts", *U.C Davis L. Rev.* 629, (2012)

²² Werbach, K.; Cornell, N., "Contracts ex machina" (2017), p. 108

exponen que los contratos computables otorgan a los ordenadores una limitada capacidad de contratar entre ellos de manera automática. El principal límite con el que se encontrarían sería su capacidad técnica, puesto que sólo han sido dotados de la habilidad para determinar prima facie si se ha cumplido un contrato. De manera subsidiaria, las partes podrán recurrir al sistema legal tradicional cuando quedasen insatisfechas con los resultados del sistema automatizado. Consecuentemente, las partes podrán volver a renegociar el acuerdo cuando el resultado computacional fuera insatisfactorio, surgiendo la cuestión de quién deberá asumir los costes del nuevo contrato.

En 1996, Nick Szabo publicó por primera vez su idea de contratos inteligentes realzando sus funciones y requisitos técnicos²³. El razonamiento de Szabo partía de la siguiente reflexión, los protocolos que regulan el funcionamiento de las redes públicas (internet) han desafiado y permitido al mismo tiempo la formalización y aseguramiento de nuevas formas de relación similares a las relaciones contractuales legales, de igual manera que los formularios empresariales y la vigilancia contable han permitido la formalización y el aseguramiento de las relaciones basadas en papel²⁴. Además, Szabo realizó una propuesta transgresora motivada en cierto modo por el auge del comercio online²⁵, confiar las distintas fases del proceso contractual (negociación, compromiso, cumplimiento, adjudicación, etc.) al hardware y software del programa. De esta manera el programa informático gestionaría autónomamente el ciclo de vida completo del proceso contractual, eliminando por completo la participación humana del intercambio contractual. Como ya hemos mencionado previamente, Szabo se basó en el ejemplo de las máquinas expendedoras para exponer su concepto de contrato inteligente, evidenciando que no requería de la tecnología más puntera para funcionar. El mecanismo de la máquina expendedora cumple dos funciones primordiales, por un lado, ejecuta automáticamente el contrato mediante la aceptación del importe y dispensando el bien seleccionado, por otro lado, incorpora un sistema de seguridad para garantizar que las pérdidas causadas por su manipulación no excedan los ingresos potenciales. Por razones prácticas, la máquina expendedora representa la totalidad del entorno contractual para sus transacciones. Los contratos inteligentes de Szabo no están sometidos a las limitaciones de los contratos computables de Surden pues su ejecución es final.²⁶

La propuesta de automatizar por completo el proceso contractual muestra que Nick Szabo es un hombre adelantado a su tiempo. Su valor fue reconocido por una comunidad de encriptadores y programadores conocidos

²³ Szabo, N., "Formalizing and Securing Relationships on Public Networks" (1997)

²⁴ Szabo, N., "The idea of Smart Contracts" (1997)

²⁵ Winn, J.K.; Wright, B., "The Law of Electronic Commerce" (2001)

²⁶ Werbach, K.; Cornell, N., "Contracts ex machina" (2017), p. 110

como Ciberpunks, quienes desarrollaron los mecanismos tecnológicos necesarios para crear una plataforma segura que garantizara la privacidad de sus usuarios sin depender del gobierno²⁷.

La evolución de la contratación digital evidencia que el concepto de contrato inteligente viene gestándose desde hace tiempo, pues todos los progresos estaban orientados a la consecución de un modelo de contratación inteligente. Principalmente, los contratos inteligentes fueron diseñados para reducir los costes de mediación, (auto)ejecución y arbitraje. Szabo consideró que los contratos inteligentes marcarían la transición de los contratos en soporte de papel a la contratación digital, estando respaldada por la innovación computacional y las bases de datos. La proliferación de los libros de contabilidad descentralizados ha abierto un debate acerca de la posible utilización de la tecnología para garantizar el cumplimiento de los acuerdos sin recurrir a terceros. Las compañías están incorporando y desarrollando protocolos y plataformas de creación de contratos inteligentes, generando un ambiente que incita a la experimentación. Prueba de ello la encontramos en la reciente multiplicación de la literatura sobre el tema.²⁸

²⁷ Popper, N., “Decoding the Enigma of Satoshi Nakamoto and the Birth of Bitcoin”, *New York Times*, (2015)

²⁸ Werbach, K.; Cornell, N., “Contracts ex machina” (2017), p. 111

IV. La tecnología detrás de los contratos inteligentes, Blockchain

El Blockchain nos ha sido presentado como la innovación tecnológica más importante de la economía actual. A pesar de la dificultad para diferenciar la realidad de lo que se publicita, podemos afirmar con certeza que se han propuesto innumerables aplicaciones potenciales para el Blockchain. Como señala Arruñada, las firmas más importantes de toda industria (alimentaria, financiera, energética, farmacéutica, sanitaria, aeroespacial, aviación, telecomunicaciones y petrolera) están invirtiendo sus recursos en proyectos de desarrollo de Blockchain en su estructura empresarial. Sin embargo, cada día son más evidentes las serias y recurrentes dificultades que están retrasando las todavía modestas aplicaciones de la tecnología que se han hecho hasta hoy.²⁹

Debido a su relevancia en el panorama actual y a su innegable vinculación con los contratos inteligentes, vamos a realizar un breve análisis de esta prometedora tecnología. Dicho análisis comenzará con el repaso histórico del origen de Blockchain pues es importante saber de dónde venimos para saber a dónde vamos.

1. Origen

A comienzos del siglo XX surgieron una serie de iniciativas militares que sentaron las bases técnicas de la criptografía. Durante la Segunda Guerra Mundial, el matemático Alan Turing desarrolló la criptografía como un arma militar aliada que se mantuvo secreto de guerra. En los setenta, un grupo de investigadores consiguió incrementar la libertad de comunicación de la criptografía, asentando así las bases fundamentales para el desarrollo del Blockchain.

En los años posteriores los avances matemáticos permitieron la creación de la “criptografía de clave pública”, antecedente necesario del Blockchain. Fueron dos los avances matemáticos principales que impulsaron el avance. El algoritmo Diffie-Hellman permitía dividir en dos las claves encriptadas, con la parte pública se podía encriptar el mensaje mientras que para desencriptarlo era necesaria la parte privada. El segundo avance destacable fue el árbol de Merkel. En los mismos años, los norteamericanos Rivest, Shamir y Adleman desarrollaron el algoritmo RSA para cifrar y descifrar mensajes y generar claves.

²⁹ Arruñada, B., “Blockchain’s Struggle to Deliver Impersonal Exchange” (2018), p.57

En la década de los noventa se desarrolló el movimiento ciberpunk que fomentaba la privacidad, la libertad de expresión y la transparencia como los principios rectores de la criptografía. En 2008 Satoshi Nakamoto publicó Bitcoin P2P e-cash introduciendo por primera vez el concepto de criptomoneda. Un año más tarde, Nakamoto creó la primera cadena de bloques a la que bautizó con el nombre génesis dando el pistoletazo de salida a la criptomoneda más conocida a nivel mundial, el Bitcoin.³⁰

2. Concepto y naturaleza

El Blockchain es definido por Tur Faúndez como “...una base de datos (...) en la que se registran bloques de información. El término nodo se refiere a cualquier ordenador que, previa descarga y ejecución en el mismo de uno o varios programas, se convierte en parte integrante de la red descentralizada de la cadena de bloques e inmediatamente pasa a conservar una réplica exacta de todos los registros integrantes de la misma. La copia completa del libro de registro se actualizará en lo sucesivo cada vez que el nodo se conecte a internet”.³¹

Por ello el autor resalta como principales características del Blockchain el consenso, el origen y la inmutabilidad. La definición previamente expuesta nos esclarece que la única condición para ser partícipe de la cadena de bloques (nodo) es la descarga del programa correspondiente, no siendo exigible ostentar la condición de fedatario público. Siguiendo su explicación, será necesario que todos los nodos estén de acuerdo acerca de la veracidad de una información para poder introducirla en la cadena. Una vez registrada la información en la cadena está devendrá inmutable, ningún nodo podrá alterarla unilateralmente. Por lo que cualquier persona que se haya dado de alta en la cadena podrá contribuir al proceso sin que exista garantía de su credibilidad.

Asimismo, los nodos tendrán acceso al historial de la cadena, conociendo todas las transmisiones y las modificaciones en la propiedad de un bien. La propia naturaleza de la cadena de bloques permite prescindir de terceros intermediarios que autoricen o acrediten una transacción. Pues la propia cadena de bloques, y en concreto su historial actualizado, constituye un medio de prueba sólido de la titularidad del bien. Para generar estas evidencias, la cadena repite el mismo eslabón en todos los nodos de la red, dotando de publicidad y accesibilidad a la información mediante su distribución.

³⁰ BBVA, “De Alan Turing al “Ciberpunk”: La Historia de “Blockchain” (2017)

³¹ Tur Faúndez, C., “Smart Contracts: Análisis Jurídico” (2018), p. 33-34

Tur Faúndez realiza una clasificación de las cadenas de bloques en función de la accesibilidad al cargo de nodo en la red concreta. Será pública la cadena accesible a cualquier persona indiscriminadamente mediante la descarga del programa adecuado. Únicamente podrán ser miembros de una cadena de bloques federada el colectivo de personas previamente determinadas e invitadas a la red, quienes podrán establecer mayorías para limitar la validación. Finalmente, para ser miembro de una cadena privada deberá recibirse la autorización del organismo privado que la gestiona el cual establece limitaciones a la validación.

Resulta aparente que los nodos suplantarán a los intermediarios del proceso contractual, asumiendo sus funciones y actuaciones. Por lo que el efecto del Blockchain consistirá en una digitalización de los intermediarios físicos sin causar su desaparición.

3. Funcionamiento

Tur Faúndez explica el mecanismo por el cual la tecnología Blockchain atesora información mediante la introducción automática de un bloque de información que representa una operación (transferencia de fondos)³². La inserción del bloque deberá respetar las normas establecidas por los participantes de la red, dejando constancia de la fecha y hora exacta a la que se produjo la transacción. Con el fin de evitar la errónea colocación de los bloques, se le atribuye una huella digital que identificará tanto las transacciones en él contenidas como las operaciones del bloque anterior. La huella digital fortalecerá y ayudará a respetar el orden de la cadena. Este sistema de encadenamiento de bloques atribuye la característica de inmutabilidad al Blockchain.

Para incrementar la seguridad de la cadena de bloques y evitar la introducción de un bloque falso, los desarrolladores de Blockchain crearon el proceso de minado. A partir de este proceso los nodos (grupo de ordenadores integrantes de la red) muestran implícitamente su consentimiento para introducir un nuevo bloque en la cadena mediante la validación de la información que se desea añadir. Los mineros competirán por resolver un complejo puzzle criptográfico (proof of work) mediante un mecanismo de prueba y error. Se incentiva

³² Tur Faúndez, C., "Smart Contracts: Análisis Jurídico" (2018), p. 35-37

económicamente a los mineros ofreciendo un premio al primero que consiga descifrar el puzzle. Únicamente cuando los demás mineros hayan confirmado la solución se podrá incorporar el nuevo eslabón a la cadena. El nuevo eslabón será distribuido entre los demás usuarios de la red y la versión final será la aceptada por la mayoría de los ordenadores.

Con el fin de protegerse frente a la manipulación de su contenido, la cadena de bloques ha desarrollado una serie de mecanismos de protección. La duplicación de la cadena en todos los ordenadores de la red y el encadenamiento sucesivo de los eslabones permite verificar que ni el orden ni el contenido de los eslabones han sido alterados, pues cualquier manipulación generaría una discrepancia fácilmente apreciable que llevaría al rechazo del último bloque. El elevado coste eléctrico y la imposibilidad de predecir qué minero solucionará antes el puzzle es utilizado por la cadena como un segundo sistema de protección frente al engaño. Pues en el caso de que una persona se propusiera manipular la cadena, en el tiempo que tardará en introducir la falsificación otro minero podría haber comenzado sus trabajos sobre la cadena original, evidenciando nuevamente la discrepancia.³³

³³ Arruñada, B., "Blockchain's Struggle to Deliver Impersonal Exchange" (2018), p.58-61

V. Implicaciones y limitaciones del Blockchain en el contexto de los contratos inteligentes

Podemos considerar la tecnología Blockchain como un registro incorruptible de transacciones presentes y pasadas, y consecuentemente como una fuente de veracidad accesible a todos. Como mencionamos previamente su incorruptibilidad tiene origen en el elevado coste energético y en la dificultad de descifrado. La probabilidad de manipulación se hace mínima gracias al encadenamiento matemático de los bloques que garantiza que ningún bloque podrá ser alterado sin modificar el bloque anterior y así hasta llegar al bloque inicial.³⁴

1. La confianza

Lampert opina que la fascinación que despierta el Blockchain deriva de su capacidad para establecer en un eslabón un evento o contrato veraz y válido, sin recurrir a una tercera parte de confianza³⁵. Sin embargo, Mik opina que el Blockchain únicamente confirma la introducción de un nuevo bloque en la cadena sin llegar a analizar su contenido o legalidad, siendo imprescindible que un tercero imparcial de fe de la autenticidad de su contenido³⁶. Será el proceso de minado el que determine la veracidad de un evento mediante la aprobación y el consentimiento de la mayoría de los nodos (consenso distribuido). Por lo que un hecho será real o no dependiendo de que la mayoría de los nodos lo consideren cierto o no. En relación con lo anterior el autor deduce que el Blockchain es una tecnología que prescinde o no necesita de la confianza de las partes, pues crea y confirma una situación reemplazando la confianza en los intermediarios por la fe ciega en la tecnología. Dicha sustitución es posible gracias a la infalibilidad y seguridad de la cadena de bloques, llevando inevitablemente a la eliminación de los intermediarios pues no se requieren terceros que asuman o reduzcan riesgos transaccionales propios de plataformas inseguras e inexistentes en la cadena de bloques. De esta manera, el Blockchain es presentado como el candidato ideal para convertirse en la plataforma de transacciones no intermediada.

A pesar de todo, las teorías previamente mencionadas son tan sólo parcialmente correctas. Mik ha representado el Blockchain como una plataforma transaccional incorruptible, segura y que prescinde de la confianza de las partes. Su naturaleza garantiza la inalterabilidad del contrato inteligente, pues las partes no podrán influir en su

³⁴ Mik, E., "Smart Contracts: Terminology, Technical Limitations and Real World Complexity" (2017), p. 7

³⁵ Lampert, L., "The Byzantine Generals Problem.", *Transactions on programming languages and systems* (1982), p. 382

³⁶ Mik, E., "Smart Contracts: Terminology, Technical Limitations and Real World Complexity" (2017), p. 8-9

ejecución una vez haya sido cerrado. Por contra realza que las admiradas cualidades del Blockchain no son inherentes al proceso computacional o a los eventos que suceden fuera del dominio criptográfico. Por consiguiente, la conexión o inserción de un eslabón a la cadena de bloques no implica inescrutablemente que dicho elemento sea seguro y merecedor de nuestra plena despreocupación, pues siempre se puede dar un error informático o pueden variar las circunstancias que rodean al contrato, alterando la necesaria correlación entre la realidad y el pretendido acuerdo virtual.

Asimismo, Mik debate la importancia del origen del Blockchain. La cadena de bloques nació como una base de datos y no como una plataforma transaccional. Con carácter general, las bases de datos no son competentes para realizar ningún cómputo por sí mismas y su capacidad para ejecutar órdenes es bastante limitada. Es más, la necesidad de confianza en las cadenas de bloques se debe a su incapacidad para ejecutar computaciones complejas y a las extremadamente limitadas entradas externas que admite a inserción.

Si en el futuro la plataforma de Blockchain admitiera la realización de transacciones más complejas, opina Mik que sería necesario expandir su funcionalidad. Con tal fin sería imprescindible el desarrollo de nuevos protocolos o scripts que no provendrían del consenso distribuido de los integrantes de la cadena, lo cual podría perjudicar a la necesidad de confianza. Por lo que concluye que la viabilidad de los contratos inteligentes depende en gran medida de su sencillez.

2. Validación de las transacciones

A juicio de Mik, será el inicio de la ejecución del contrato el que genere dudas acerca de su constitución o si refleja fielmente la voluntad de las partes³⁷. El autor señala la fase de adjudicación o resolución del contrato como el momento procesal en el que se abordarán las cuestiones. El autor defiende que, al tratarse de una base de datos, la cadena de bloques evidencia si una transacción ha tenido lugar y en que condiciones técnicas se produjo. En ningún caso podrá certificar su legalidad conforme al ordenamiento jurídico en el que se inserta. La validez legal de una transacción o de una relación contractual siempre concierne a eventos del mundo real que no pueden ser

³⁷ Mik, E., "Smart Contracts: Terminology, Technical Limitations and Real World Complexity" (2017), p. 9

observados por la cadena de bloques ni validados por el proceso de minado.

Mik razona que toda transferencia de fondos realizada por Blockchain tiene su origen en un acuerdo previo que motiva la operación. Si bien pueden producirse discrepancias entre el acuerdo legal y lo registrado en la cadena de bloques. Pone como ejemplo el caso de una transacción perfectamente registrada en la cadena de bloques cuyo contrato subyacente es legalmente inválido como consecuencia de la incapacidad de las partes, por incurrir una de las partes en un vicio de consentimiento o por la ilicitud del objeto contractual. El incumplimiento o cumplimiento deficiente del contrato sería otro ejemplo de discordancia. El autor afirma que el proceso de minado no está facultado para evaluar la ausencia de factores invalidantes (incapacidad de las partes o vicios del consentimiento) o confirmar eventos (cumplimiento contractual) del mundo exterior que son ajenos a la cadena de bloques. En el caso de las transferencias bancarias, los registros bancarios prueban que dicha transacción aconteció, pero no revelan el motivo de la transferencia ni si esa cantidad era debida a otra persona. La inserción de un contrato inteligente en la cadena de bloques únicamente certificará su existencia, pero no garantiza la fidelidad de la realidad que refleja.

Por ello podemos concluir, que la validación técnica de una transacción realizada por la cadena de bloques no supone una evaluación de la validez legal del contrato inteligente o de la transacción que de él se deriva.

3. Ejecución automática

Kwesi Atta-Krah define la ejecución automática o la autoejecución como el proceso automatizado de cumplimiento de obligaciones contractuales que se activa cuando acontecen unas circunstancias previamente determinadas³⁸. Mik sitúa el origen de la autoejecución en la desconfianza en la discrecionalidad del ser humano, la cual contrasta con la imparcialidad, la precisión y objetividad de las nuevas tecnologías³⁹. Por dicho motivo surgieron los contratos inteligentes, para garantizar técnicamente el cumplimiento del acuerdo sin que las partes pudieran interferir en su ejecución. En su obra vincula la autoejecución con la eliminación de la búsqueda de

³⁸ Kwesi Atta-Krah, D., "Preventing A Boom from Turning Bust: Regulators Should Turn Their Attention to Starter Interrupt Devices Before the Subprime Auto Lending Bubble Burst", *Iowa Law Review* Vol. 1187 (2016)

³⁹ Mik, E., "Smart Contracts: Terminology, Technical Limitations and Real World Complexity" (2017), p. 10

asistencia judicial, pues si la ejecución automática avala el cumplimiento del contrato no surgirán discrepancias entre las partes contratantes y por lo tanto no será necesario recurrir a los mecanismos judiciales tradicionales que garantizaban el cumplimiento del contrato incluso coercitivamente.

Según señala The American Law Institute, el uso del término “ejecución” puede llevar a error debido a sus múltiples acepciones. En el contexto legal, el término ejecución hace referencia al cumplimiento forzoso del acuerdo en el marco del sistema judicial de resolución de conflictos. Ante el incumplimiento o cumplimiento defectuoso del acuerdo los tribunales tratarán de dejar a la parte perjudicada en la misma posición que se encontraría si el contrato se hubiera cumplido. Con tal fin los tribunales podrán ordenar el cumplimiento forzoso del acuerdo (en especial si se tratara de un contrato de préstamo y se reclamara su pago) o la indemnización de los daños y perjuicios ocasionados a la contraparte como consecuencia de la infracción del acuerdo. Mientras que, en el contexto de la contratación inteligente, la ejecución se equipara con el cumplimiento garantizado del acuerdo, el cual salvaguarda los derechos de las partes⁴⁰.

La ejecución automática del contrato inteligente favorece su inmutabilidad. Pues una vez comenzada la ejecución del contrato, tal y como explica Clark, éste proseguirá de manera continuada e independiente a los eventos externos que le rodean hasta alcanzar su fecha de expiración, sin que las partes puedan detener o modificar su cumplimiento⁴¹. Mik estima que tal condición podría afectar a determinadas decisiones contractuales, en especial a la terminación del contrato como consecuencia de su incumplimiento o por la ejecución de una garantía en el caso de impago⁴². Si bien la garantía de cumplimiento técnico del contrato puede resultar atractiva, la ejecución automática puede generar una serie de problemas en cascada.

En primer lugar, si el cumplimiento del contrato es relegado al código, la comprobación de ausencia de errores en este deviene primordial. Si la autoejecución garantiza el cumplimiento del contrato sin intervención humana es debido a que su código es perfecto. Sin embargo, Mik considera prácticamente imposible garantizar la ausencia de errores de codificación pues estadísticamente todo programa informático contiene un error semejante. La inevitabilidad de los errores hace cuestionable la perfección del cumplimiento que teóricamente garantizaba la

⁴⁰ The American Law Institute, “The restatement of the Contracts” Vol. 1 2nd edn. (1981)

⁴¹ Clack, D.C., “Smart Contract Templates: foundations, design landscape and research directions” (2016)

⁴² Mik, E., “Smart Contracts: Terminology, Technical Limitations and Real World Complexity” (2017), p. 11

autoejecución. Si se llegara a incumplir un contrato inteligente como consecuencia de un error de codificación, sería más apropiado hablar de una avería que de un incumplimiento. Dada la dificultad práctica de prevenir dichas averías, lo más conveniente sería distribuir la asunción de riesgos entre las partes mediante un acuerdo previo. Mik concluye, la imposibilidad de evitar la aparición de errores de codificación nos impide afirmar con certeza que la ejecución automática garantiza el cumplimiento perfecto del contrato.

En segundo lugar, será imprescindible garantizar que el código refleja fielmente la voluntad de las partes y que la ejecución del contrato procede como se había previsto. No obstante, la implementación del contrato inteligente puede desviarse de lo pactado por las partes como consecuencia de la existencia de discrepancias entre el código informático y la voluntad de las partes. El origen del distanciamiento puede encontrarse en una mala traducción del acuerdo al código o por el uso de un modelo de contrato inteligente redactado por un tercero cuyo resultado se aleja de lo prometido a las partes (por incomprensión del acuerdo o por malicia). Todo aquel que ponga a disposición del público un contrato inteligente deberá aclarar su funcionalidad y alcance. Si las partes contratantes no son programadores, no podrán asegurar por sí mismas si el código verdaderamente refleja sus intenciones o si ciertamente hará lo que se prometió, si bien siempre pueden contratar a un especialista⁴³. Tal y como comentamos anteriormente, ante dicha problemática se deberá de dar prioridad a la voluntad de las partes otorgándoles la oportunidad de ignorar el resultado automatizado y recurrir al sistema legal tradicional. La gravedad del conflicto se ve acentuada por los problemas de seguridad de los contratos inteligentes.

Por último, un contrato inteligente debe prever todos los posibles acontecimientos que puedan darse a lo largo de su vida y sus potenciales efectos sobre la operación. La imposibilidad de revisar o introducir modificaciones en el contrato inteligente una vez cerrado obliga a las partes, desde el primer momento, a codificar todas las posibles cuestiones relacionadas con el desarrollo del contrato. Aunque resulta evidente la imposibilidad de elaborar una lista exhaustiva. De este modo, el contrato inteligente continuará desarrollándose en los términos originales aún cuando se hubieran producido cambios en las circunstancias que le rodean, pudiendo llegar a generar situaciones absurdas o incluso ilegales. Los defensores de los contratos inteligentes no han sabido apreciar la flexibilidad y el dinamismo de las relaciones contractuales. En la práctica contractual tradicional es habitual rectificar ciertas provisiones de un contrato para adaptarlo a las nuevas circunstancias externas (legales o comerciales). La rigidez de los contratos inteligentes originada en su imposibilidad técnica de adaptarse a los cambios podría provocar su

⁴³ Zeppelin Solutions, “Serpent Complier Audit” (2017)

desconexión con la realidad.⁴⁴

Goetz y Scott estudian la compatibilidad de la contratación inteligente con el concepto de incumplimiento contractual eficiente⁴⁵. Este término fue acuñado por una doctrina actualmente desfasada del sistema legal del Common Law. La ruptura eficiente daba al deudor la opción de incumplir el contrato si la alteración de las circunstancias contractuales le permitía obtener un beneficio de ello, considerando el incumplimiento oportunista del acuerdo como ruptura económicamente eficiente. Posteriormente, se fueron añadiendo condiciones que hicieran justificable la ruptura, su multiplicidad acabó reduciendo la ruptura eficiente a unos escenarios muy concretos y poco probables en la práctica. Por otro lado, el acreedor mantenía su derecho a la defensa pudiendo exigir el cumplimiento forzoso o la indemnización de los daños y perjuicios ocasionados por la infracción. La superación de esta teoría se basó en la necesidad de incrementar la seguridad de la contratación y fortalecer la confianza en que la otra parte contratante firmaba el acuerdo con la intención de cumplirlo. Además, la ruptura eficiente era un fenómeno aislado que se daba en el ámbito mercantil. Para estos autores la contratación inteligente privaba a las partes de su margen de maniobra y de su adaptabilidad a los cambios.

De igual forma, la ejecución automática puede generar grandes inconvenientes para la parte perjudicada por el incumplimiento. Ante la eventual ruptura del contrato, la parte perjudicada podía elegir si ejercitar o no sus derechos y la manera de ejecutarlos, pudiendo solicitar la indemnización de los daños y perjuicios causados, así como la terminación del contrato. El ejercicio de este derecho está condicionado a las circunstancias comerciales del caso concreto. En cambio, si la relación contractual está bloqueada en un código inmutable, la terminación del contrato será automática y la parte perjudicada será privada de su opción a no ejercer sus derechos⁴⁶. Además, en la práctica contractual rara vez el cumplimiento de un contrato es perfecto y ciertos incumplimientos son intencionadamente ignorados debido a su insignificancia comercial o en aras a preservar una valiosa relación comercial. En las transacciones autoejecutables dicha posibilidad desaparece pues el cumplimiento defectuoso del contrato inteligente conlleva inevitablemente a su terminación o un resultado predeterminado.⁴⁷

⁴⁴ Mik, E., "Smart Contracts: Terminology, Technical Limitations and Real World Complexity" (2017), p. 12

⁴⁵ Goetz, C.; Scott R., "Liquidated Damages, Penalties, and the Just Compensation Principle: A Theory of Efficient Breach" *Columbia Law Review* Vol. 554 (1977); Eisenberg, M.A., "Actual and Virtual Specific Performance, the Theory of Efficient Breach, and the Indifference Principle in Contract Law" *California Law Review* Vol. 975 (2005)

⁴⁶ ISDA & Linklaters, "Whitepaper: Smart Contract and Distributed Ledger – A Legal Perspective" ISDA (2017)

⁴⁷ Mik, E., "Smart Contracts: Terminology, Technical Limitations and Real World Complexity" (2017), p. 12

Podríamos concluir que la autoejecución de los contratos inteligentes pueden proteger la operación de la voluble discreción humana a costa de comprometer el cumplimiento del contrato mediante la introducción de un error de codificación⁴⁸. Igualmente, la ejecución automática priva a la relación contractual de su adaptabilidad e impide a las partes acomodarse legal y comercialmente a las circunstancias cambiantes que las rodean.⁴⁹

⁴⁸ Bamberger, K.A., "Technologies of Compliance: Risk and Regulation in a Digital Age" *Texas Law Review* Vol. 669 (2010)

⁴⁹ Mulligan, C.M., "Perfect Enforcement of the Law: When to Limit and When to Use Technology", *Richmond Journal of Law and Technology* Vol. 13 (2008)

VI. Análisis jurídico de los contratos inteligentes

Al analizar jurídicamente el concepto de contrato inteligente, Mik expone que debemos considerar tanto el programa informático que contiene las condiciones que constituyen el contrato como la plataforma o interfaz en la que se presenta dicho contrato al público, a través de la cual el usuario recibe o remite información.⁵⁰

Mik continúa argumentando que las partes contratantes necesariamente deberán registrarse como usuario de la interfaz para poder interactuar con el software y emitir válidamente su consentimiento contractual a través de la plataforma de mensajería de la web. El elemento más novedoso de este tipo de contratos es el programa informático que reside en el código fuente (contrato inteligente) que autoejecutará la orden contenida en su código cuando se den las circunstancias que se hayan previsto.

En consecuencia de lo anterior, Mik afirma que la clásica relación contractual que unía a las partes pasa a articularse a través del programa informático Smart Contract. En esta relación seguirá imperando el consentimiento de las partes, el cual permitirá que el contrato inteligente permanezca en un estado de hibernación hasta que se den las condiciones que voluntariamente se hayan fijado y que marquen el inicio de la ejecución. Al ejecutarse de manera automática, será cuestión de tiempo que finalice el cumplimiento del contrato sin darse una dependencia a la voluntad de las partes de cumplir con el contrato.

1. Principios aplicables y elementos del derecho de contratación electrónica

Los principios generales del derecho que deben inspirar a los contratos inteligentes (en el ámbito legal, jurisprudencial y consuetudinario) están recogidos en el artículo 5 y siguientes de la Ley Modelo de Comercio Electrónico del 16 de diciembre de 1996 (CNUDMI). En su redacción, se empleó una terminología abierta con el fin de adaptarse a los futuros avances tecnológicos que aún estaban por acontecer. Por lo que a pesar de ser previa al desarrollo del Blockchain podemos considerarla aplicable a los contratos digitalizados, aunque inicialmente estuviera orientada a los contratos online. Asimismo, Rafael Illescas Ortiz resaltó los siguientes

⁵⁰ Tur Faúndez, C., “Smart Contracts: Análisis Jurídico” (2018), p. 59-62

principios como los más importantes.⁵¹

El principio de equivalencia de los actos electrónicos respecto de los autógrafos o manuales. Este principio reconoce la validez y efectividad jurídica de los contratos que hayan sido celebrados por la vía electrónica, siempre y cuando reúnan los requisitos legales de causa, consentimiento y forma. Este principio trata de equiparar funcionalmente los contratos electrónicos a los contratos físicos, no negando fuerza o validez al contrato que venga recogido en otra forma válida. Eso si, debemos recordar que, si la ley exigiera para la validez del documento la forma pública, deberá atender a dicha especificación para desplegar efectos.

El principio de neutralidad tecnológica de las disposiciones reguladoras del comercio electrónico. El fin último de este principio es adaptar la legislación presente acerca de la contratación electrónica a las tecnologías futuras. Dado el rápido avance de la innovación y los pasos agigantados que se dan a diario en el campo de las nuevas tecnologías, el legislador ha querido establecer una regulación flexible que se adapte a las tecnologías que aún no se han desarrollado, por ello implanta este principio y emplea términos abiertos para abarcar lo inimaginable a día de hoy.

El principio de la inalterabilidad del Derecho preexistente en materia de obligaciones y contratos. Mediante este principio el legislador desea aclarar que la regulación civil y mercantil relativa a la contratación no debe variar por la aparición de una forma novedosa de contratación. Las nuevas tecnologías han permitido a las personas buscar nuevas plataformas a través de las que relacionarse, manifestar su voluntad y formalizar sus acuerdos sin que ello pueda suponer una alteración de la regulación existente, en especial de los elementos esenciales que dan forma al proceso de contratación. A pesar de que las nuevas tecnologías pueden modificar aspectos concretos de la relación contractual como regla general debemos seguir aplicando nuestra regulación contractual.

El principio de buena fe (art. 7.1 CC). Este principio ya existente en la contratación tradicional ha sido trasladado al ámbito de la contratación electrónica. Debe aplicarse a lo largo del proceso contractual, en todas y cada una de sus fases. La buena fe cobra especial importancia en la contratación electrónica debido a la inseguridad y desconfianza que inspiran las nuevas tecnologías, pues la ausencia física de la otra parte da apariencia de estar

⁵¹ Illescas Ortiz, R., "Derecho de la Contratación Electrónica" (2009)

cerrando el acuerdo con una máquina comandada por un desconocido.

El principio de libertad de pacto (art. 1255 CC). Al igual que el principio de buena fe, este principio tradicional expande su aplicación a los contratos electrónicos. En el ejercicio del presente principio, las partes podrán introducir en el contrato los acuerdos que estimen convenientes por muy dispares que sean sin que se les pueda poner ningún reparo. El único requisito que se les exige es que las cláusulas introducidas no contravengan la legalidad.

La Ley Modelo de Comercio Electrónico distingue entre elementos objetivos y subjetivos de los contratos electrónicos. Dentro de los elementos objetivos propios de los contratos inteligentes encontramos los mensajes de datos, la firma electrónica y los sistemas de información. Un mensaje de datos consiste en la comunicación, transmisión, recepción y archivo de información a través de medios electrónicos óptimos para tal misión (correo electrónico, telefax o telegramas). La firma electrónica es un instrumento que permite prestar consentimiento e identificar al signatario a través de los códigos que han sido emitidos por un tercero emisor, el cual puede certificar lo anterior. Finalmente, los sistemas de información son las plataformas electrónicas capaces de generar, remitir, recibir, almacenar y procesar los previamente mencionados mensajes de datos.⁵²

Por otro lado, el iniciador, el intermediario y el destinatario de un mensaje son los elementos subjetivos del contrato electrónico. El iniciador es toda aquella persona que, personalmente o a través de un representante, haya creado y enviado un mensaje. El destinatario del mensaje será la persona indicada por el iniciador para recibir el mensaje. Mientras que el intermediario será la persona que emita, reciba o almacene un mensaje por cuenta de otra persona a la que preste un servicio. El intermediario únicamente será responsable por la ilegalidad de los contenidos que almacenaba si conociendo de su ilicitud no los hubiera retirado o denunciado. Estará exento de responsabilidad cuando su actividad se limitará a la mera transmisión de información o al almacenamiento temporal y automático, en ningún caso participando del contenido⁵³. En opinión de Mik, no podríamos identificar al intermediario con el programa de Smart Contract pues se trata de un instrumento sin personalidad que no puede ostentar la condición de parte y no goza de capacidad suficiente para arbitrar autónomamente⁵⁴. Aunque no ignora

⁵² Tur Faúndez, C., "Smart Contracts: Análisis Jurídico" (2018), p. 65-70

⁵³ Batuecas Caletrío, A., "Contratación Electrónica" *Universidad de Salamanca* (2004) p. 5

⁵⁴ Tur Faúndez, C., "Smart Contracts: Análisis Jurídico" (2018), p. 65-70

que puede desempeñar tareas que describen a un intermediario (recibir, enviar y archivar mensajes de datos) como juzgar cuando se dan las condiciones prefijadas por las partes que le permiten iniciar la ejecución del contrato e identificar el incumplimiento del contrato.

Mik concluye que la eficacia y fiabilidad del contrato inteligente dependerá de su capacidad para ser imparcial e independiente, tratando los intereses de las partes por igual y no estando bajo el dominio de ninguna de las partes contratantes permitiendo, que el contrato se ejecute automáticamente según lo pactado.

2. Formación

Los contratos inteligentes se regirán por el derecho de contratación electrónica en la medida en que se traten de acuerdos articulados y ejecutados mediante webs o programas informáticos. De esta manera, se someterán a la Ley 34/2002 de 11 de julio de servicios de la sociedad de información y de comercio electrónico (LSSICE) que señala los requisitos de validez y eficacia de esta modalidad contractual remitiendo al Código Civil, al Código de Comercio y al Real decreto legislativo 1/2007, de 16 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General para la Defensa de Consumidores y Usuarios y otras leyes complementarias (LDCU).⁵⁵

i. Las obligaciones de información en la contratación

En la contratación electrónica la seguridad jurídica sufre ante la ausencia física de las partes contratantes. Con el fin de proteger a las partes y de dotar de garantías al contrato electrónico, la ley impone unas obligaciones de información para reducir los riesgos del proceso. En los contratos entre empresas, la obligación de información responde a los usos mercantiles y al principio de buena fe. Mientras que, en los contratos de consumo celebrados entre empresas y consumidores, las corporaciones asumen legalmente la obligación de transmitir a los consumidores toda información relevante sobre el contrato en aras a eliminar la desigualdad que genera la

⁵⁵ Tur Faúndez, C., "Smart Contracts: Análisis Jurídico" (2018), p. 71-72

contratación a distancia.⁵⁶

El legislador ha fijado el contenido de la obligación de información previa realizando un balance entre la necesidad del consumidor de estar informado antes de contratar y los límites imprescindibles para no entorpecer la actividad comercial del empresario. La información debe ser veraz, eficaz y suficiente pudiéndose transmitir por cualquier medio de comunicación adecuado y eficiente, siendo válidos los medios auditivos y visuales.⁵⁷

Serrano Segarra trata en su artículo el contenido de la obligación de información del empresario recogido en los art. 10 y 27 LSSICE⁵⁸. Dichos artículos obligan al empresario a transmitir al consumidor⁵⁹ clara, comprensible e inequívocamente la siguiente información antes de iniciar la contratación:

- a) El empresario deberá poner a disposición del consumidor los datos relativos a su persona, física o jurídica, tales como su denominación, dirección, inscripción en el Registro Mercantil o su establecimiento entre otros.
- b) Los trámites a seguir en la celebración del contrato. El empresario debe guiar al consumidor a lo largo del proceso contractual, señalando los pasos a dar y finalizando con la confirmación de que se ha recibido correctamente la aceptación del consumidor.
- c) El archivo y accesibilidad del contrato electrónico. El empresario deberá permitir el acceso al documento al consumidor exponiéndolo en la web.

⁵⁶ Serrano Segarra, M., "La Formación del Contrato Electrónico" *Revista de la Facultad de Ciencias Sociales y Jurídicas de Elche* (2006) p. 302-315

⁵⁷ Batuecas Caletrío, A., "Contratación Electrónica" *Universidad de Salamanca* (2004) p. 12-17

⁵⁸ Serrano Segarra, M., "La Formación del Contrato Electrónico" *Revista de la Facultad de Ciencias Sociales y Jurídicas de Elche* (2006) p. 302-315

⁵⁹ Como podemos apreciar dichas obligaciones se exigirán exclusivamente cuando una de las partes sea un consumidor. Siguiendo la definición de la LSSICE y LGDCyU, un consumidor o usuario será toda aquella persona física o jurídica que adquiera y consuma bienes y servicios como destinatario final de los mismos, excluyendo a aquellas personas que adquieren los bienes con el fin de transformarlos o revenderlos.

- d) El empresario deberá advertir al consumidor acerca de los instrumentos técnicos que pone a su disposición para identificar y corregir los posibles errores cometidos en el contrato electrónico.
- e) Los posibles idiomas en los que se podrá redactar y formalizar el contrato.

El art. 27 LSSICE señala la vigencia de las propuestas de contratación realizadas por el empresario a través de vías electrónicas. La oferta será válida durante el periodo señalado por el empresario en la misma. En ausencia de dicha mención, la oferta será válida siempre que permanezca accesible a los usuarios salvo que la ley específica diga lo contrario. Asimismo, el empresario tiene la obligación de poner a disposición del consumidor las condiciones generales a las que quedan sujetas el acuerdo para que este pueda almacenarlas y reproducirlas.⁶⁰

Adicionalmente, el empresario deberá cumplir con las obligaciones de información contempladas por la LOCM que son las siguientes⁶¹ :

- a) El empresario deberá dar a conocer su identidad al consumidor y facilitarle su dirección por si deseara contactar con él.
- b) El empresario deberá proporcionar información sobre las características esenciales del producto con el que comercializa.
- c) El empresario deberá anunciar el precio del bien o servicio incluyendo los impuestos que recaigan sobre él. Asimismo, deberá especificar las formas de pago por las que se podrá abonar el precio.
- d) El empresario deberá especificar las distintas formas de entrega disponibles junto con los gastos que supone su ejecución. Cuando proceda también deberá comunicar los gastos de transporte.
- e) En el contrato, el empresario deberá resaltar si el consumidor goza de un derecho de desistimiento y las condiciones en que podrá ejercerlo.

⁶⁰ Serrano Segarra, M., "La Formación del Contrato Electrónico" *Revista de la Facultad de Ciencias Sociales y Jurídicas de Elche* (2006) p. 302-315

⁶¹ Batuecas Caletrío, A., "Contratación Electrónica" *Universidad de Salamanca* (2004) p. 12-17

- f) Cuando el coste de los medios de comunicación a distancia varíe de las tarifas habituales, el empresario deberá comunicarlo a los consumidores.
- g) El empresario deberá comunicar el plazo durante el cual se mantendrá en pie la oferta o del precio anunciado.
- h) Cuando el objeto del contrato sea el suministro de productos ejecutados de manera permanente o reiterada, el empresario deberá advertir al consumidor de su duración mínima.
- i) Cuando las partes lo deseen podrán prever la sustitución del producto por otro de calidad y precio equivalentes bajo determinadas circunstancias y condiciones prefijadas.
- j) El empresario deberá advertir al consumidor su adhesión a un Sistema Arbitral de Consumo o a cualquier sistema extrajudicial de resolución de conflictos.

El art. 28 LSSICE recoge los deberes de información posteriores a la celebración del contrato. El empresario tiene el deber principal de confirmar al consumidor la recepción de su aceptación, lo cual hará mediante el envío del acuse de recibo. El empresario podrá optar por dos modalidades de envío. En primer lugar, podrá remitir el acuse de recibo en las 24 horas siguientes a la recepción de la aceptación a través de cualquier medio de comunicación electrónica válida. En segundo lugar, el empresario podrá emplear medios de comunicación equivalentes a los usados en la contratación para certificar la recepción de la aceptación, debiendo comenzar tan pronto como el consumidor complete su aceptación.

Se presumirá que se ha producido la recepción efectiva de la aceptación y el acuse de recibo cuando ambas partes puedan dar constancia de ello. Si el empresario empleara el correo electrónico para remitir el acuse de recibo al consumidor, se entenderá entregado desde el momento en que figure en el servidor de su correo electrónico.⁶²

Las obligaciones de información (previas y posteriores) no serán exigibles a los contratos celebrados entre

⁶² Batuecas Caletrío, A., "Contratación Electrónica" *Universidad de Salamanca* (2004) p. 12-17

empresarios que así lo hayan acordado ni tampoco a los contratos celebrados exclusivamente a través de plataformas de mensajería electrónica que no hayan sido empleados con el único fin de referirse a una obligación previa.⁶³

Los art. 38 y siguientes de la LSSICE recogen el régimen sancionador aplicable al incumplimiento del deber de información. En los casos de incumplimiento se dará a la parte afectada por la infracción la opción de resolver el contrato.⁶⁴

ii. Momento y lugar de perfeccionamiento

El art. 1262 CC establece que un contrato se perfeccionará en el momento en que ambas partes presten consentimiento para obligarse legalmente a lo pactado. En la contratación electrónica tanto la oferta como la aceptación deberán ser electrónicos, por lo que las partes deberán manifestar y transmitir su voluntad de celebrar un contrato a través de medios electrónicos⁶⁵. Aunque puede resultar cuestionable el momento y el lugar de perfeccionamiento del contrato debido al desfase temporal de las actuaciones y las distintas ubicaciones de las partes contratantes al celebrar el contrato.

En lo referente al momento de perfeccionamiento, la LSSICE prevé dos sistemas de perfeccionamiento dependiendo del medio de comunicación empleado para la contratación. Si se hubieran empleado medios de comunicación electrónica (email) se aplicará la teoría de la recepción, quedando el contrato perfeccionado desde que el empresario recibiera la aceptación del consumidor o desde que no pudiera ignorarla sin incurrir en mala fe. Mientras que los contratos celebrados a través de dispositivos electrónicos (máquinas o webs) seguirán la teoría de la expedición y se perfeccionarán en el momento en que el consumidor manifieste su aceptación.⁶⁶ Los contratos inteligentes emplean dispositivos automáticos (Blockchain) como medio de contratación, por lo que se

⁶³ Serrano Segarra, M., "La Formación del Contrato Electrónico" *Revista de la Facultad de Ciencias Sociales y Jurídicas de Elche* (2006) p. 302-315

⁶⁴ Batuecas Caletrío, A., "Contratación Electrónica" *Universidad de Salamanca* (2004) p. 12-17

⁶⁵ Serrano Segarra, M., "La Formación del Contrato Electrónico" *Revista de la Facultad de Ciencias Sociales y Jurídicas de Elche* (2006) p. 302-315

⁶⁶ Batuecas Caletrío, A., "Contratación Electrónica" *Universidad de Salamanca* (2004) p. 21-24

perfeccionarían desde el momento en que las partes manifiestan su consentimiento.⁶⁷

La concreción del lugar de perfeccionamiento tiene una gran trascendencia legal pues de su determinación dependerá la jurisdicción competente y la ley aplicable al caso⁶⁸. Con carácter general, el art. 1262.2 CC prevé que el lugar de perfeccionamiento de un contrato (civil, mercantil o electrónico) sea el lugar dónde se realizó la oferta. Por otro lado, la norma específica recogida en el art. 29 LSSICE prevé lugares de perfeccionamiento diferentes en función de la condición de las partes contractuales. Si el contrato electrónico se celebra entre empresarios y consumidores, la ley establece una presunción iuris et de iure por la que se presume que el contrato ha sido perfeccionado en el lugar de residencia habitual del consumidor, otorgándole así una mayor protección. Por otro lado, si el contrato electrónico fuera celebrado entre empresarios la ley establece una presunción iuris tantum por la que se entiende que el contrato se perfeccionó en el lugar en que el proveedor del bien o prestador del servicio mantenga su establecimiento⁶⁹. Por último, Batuecas Caletrío aclara que, si el contrato electrónico fuera celebrado entre consumidores, será de aplicación la regla general, entendiéndose perfeccionado en el lugar en que se hiciera la oferta contractual. Asimismo, recalca el amplio número de contratos electrónicos que incluyen cláusulas de arbitraje, de sumisión a una jurisdicción o a un ordenamiento jurídico concreto. La propia LSSICE promueve su utilización pues incrementa la sencillez, la velocidad y la comodidad del proceso de resolución de conflictos.⁷⁰

iii. Derecho de desistimiento

El derecho de desistimiento viene regulado en el Capítulo II de la LDCU, si bien las partes podrán pactar condiciones más favorables para el consumidor. A juicio de Batuecas Caletrío el derecho de desistimiento se ha configurado como un instrumento de defensa de los consumidores frente a los posibles abusos de los empresarios, quienes pueden emplear su posición de superioridad o el desconocimiento (técnico) de los consumidores en su

⁶⁷ Tur Faúndez, C., "Smart Contracts: Análisis Jurídico" (2018), p. 73-74

⁶⁸ Aunque las partes podrán pactar su sumisión al ordenamiento jurídico o a la jurisdicción que deseen mediante la inserción de una cláusula de legislación aplicable o sumisión a una jurisdicción. De tal forma, las partes establecen la ley aplicable a su relación contractual y la jurisdicción ante la cual resolverán sus desavenencias. En el caso de que las partes no hubieran incluido o no hubieran podido incluir tales cláusulas, se aplicará la norma previamente descrita.

⁶⁹ Siguiendo la argumentación de la nota a pie de página 75, si los empresarios hubieran pactado una legislación aplicable distinta a la prevista en el art 29 LSSICE podrán presentar el contrato como prueba a fin de aplicar la ley que ambas partes acordaron.

⁷⁰ Batuecas Caletrío, A., "Contratación Electrónica" *Universidad de Salamanca* (2004) p. 22-24

ventaja⁷¹. El art. 68 LDCU materializa este derecho en la facultad del consumidor para rescindir el contrato celebrado sin ser penalizado y sin que le sea exigible ninguna causa. El empresario le deberá informar por escrito y de forma comprensible acerca de su derecho de desistimiento y las condiciones en las que podrá ejercerlo (art. 69 LDCU). Según el art. 71 LDCU el consumidor goza de un plazo de catorce días naturales para ejercer el derecho. El plazo comenzará a correr desde la entrega del bien en los contratos de compraventa o desde la celebración del acuerdo para los contratos de servicios. En el supuesto de que el empresario no informara al consumidor de su derecho, gozará de un plazo adicional de doce meses desde la entrega del bien o la celebración del acuerdo para resolver el contrato. Si la comunicación se produjera en el periodo adicional concedido al consumidor, el plazo de catorce días comenzará a contar desde que se le comunicó efectivamente su derecho.

Si el consumidor ejerciera el derecho de desistimiento, el art. 74 LDCU prevé que ambas partes deberán restituirse mutuamente las prestaciones realizadas. En ningún caso deberá el consumidor reembolsar al empresario la disminución del valor del bien que se derive de su uso natural o pactado. Es más, el empresario deberá satisfacer al consumidor los gastos necesarios en los que hubiera incurrido por el bien.

No obstante, el art. 103 LDCU realiza una enumeración de las ocasiones en las que el consumidor no podrá ejercer el derecho de desistimiento. Pudiendo destacar la compraventa de bienes personalizados por el consumidor, bienes de rápido deterioro, bienes precintados cuya devolución no sea apta por motivos sanitarios, bienes que por su naturaleza se hayan mezclado indisolublemente con otros o bienes adquiridos por subasta pública entre otros.

En el ámbito de los contratos inteligentes, el programador encargado de desarrollar el programa deberá introducir en la cadena un bloque que prevea el derecho de desistimiento y las indicaciones necesarias para su efectiva ejecución.⁷²

iv. Elementos contractuales esenciales

⁷¹ Batuecas Caletrío, A., "Contratación Electrónica" *Universidad de Salamanca* (2004) p. 19-20

⁷² Tur Faúndez, C., "Smart Contracts: Análisis Jurídico" (2018), p. 78

El art. 1261 CC señala como elementos esenciales para la validez de un contrato legal: el consentimiento, el objeto, la causa y ocasionalmente la forma. En nuestra investigación sobre los contratos inteligentes nos centraremos en analizar el consentimiento y la forma por ser los elementos esenciales mayormente afectados por la contratación inteligente.

El art. 1262 CC y siguientes regulan el consentimiento contractual, el cual deberá manifestarse como la concurrencia del libre consentimiento de las partes para obligarse por el contrato. Los art. 23.1 LSSICE y art. 11.1 de la ley Modelo de Contratación Electrónica consideran como válido el consentimiento contractual expresado por medios electrónicos, no pudiendo negar en ningún caso la validez del contrato por el hecho de haberse celebrado por vías electrónicas⁷³. En opinión de Tur Faúndez, el consentimiento se manifiesta en dos ocasiones a lo largo del proceso contractual, expresamente en el momento del perfeccionamiento (consiente obligarse) e implícitamente en la ejecución de las prestaciones⁷⁴. Si no se manifestara en esta segunda ocasión el contrato no se consumaría, traduciéndose en el incumplimiento contractual. En cambio, al ejecutarse automáticamente las prestaciones por la tecnología, en los contratos inteligentes el consentimiento se manifestará expresamente en dos ocasiones diferentes: en la perfección del contrato y en la ejecución automática mediante el denominado consentimiento preconstituido. En esta nueva modalidad contractual, las partes deberán pactar previamente las condiciones bajo las cuales el contrato inteligente comenzará a cumplir la prestación acordada sin necesidad de recabar de nuevo su consentimiento posterior. La principal causa invalidante con la que se puede topar el contrato inteligente es el vicio de consentimiento por error. El Tribunal Supremo defiende que un contrato será inválido cuando una de las partes se base en una manifestación errónea o inexacta de la realidad (objeto o circunstancias del contrato) para prestar su consentimiento. Por dicho motivo el ordenamiento jurídico impone a las partes las obligaciones de información previamente explicadas, con el fin de garantizar el acceso a una información clara, comprensible, así como precisa y exhaustiva acerca del contenido, ejecución y repercusión del contrato al que se someten.

Los art. 1278 CC y art. 23 LSSICE reconocen a las partes la libertad formal. Mediante tal reconocimiento el ordenamiento jurídico otorga validez legal a los contratos celebrados electrónicamente siempre que reúnan los

⁷³ Batuecas Caletrío, A., "Contratación Electrónica" *Universidad de Salamanca* (2004) p. 12

⁷⁴ Tur Faúndez, C., "Smart Contracts: Análisis Jurídico" (2018), p. 80-84

demás elementos esenciales. En aquellos casos en los que la ley exigiera una forma escrita al contrato o cualquier documento relacionado se entenderá satisfecho el requisito cuando se recoja por escrito en soporte digital⁷⁵. La forma de los contratos inteligentes afecta tanto al acuerdo de las partes como al programa informático sobre el que se proyecta. Sin embargo, el programa informático aislado no constituye un contrato, sino que deberá reunir en su plataforma el contrato tradicional, la dirección dónde se almacena e implementar las funciones propias de la aceptación del contrato en la cadena de bloques a tal fin. Tur Faúndez señala la imposibilidad de identificar a la otra parte contratante como el gran problema de los contratos inteligentes⁷⁶. Sopesando tal dificultad, propone al legislador europeo el desarrollo de una regulación con las siguientes exigencias:

- a) En el cumplimiento de la LSSICE y la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales (LOPD) el titular de la página web deberá ofrecer información detallada, comprensible, precisa y en múltiples idiomas acerca de sus contenidos. Asimismo, su interfaz debe ser sencilla, intuitiva y manejable para una gran variedad de usuarios.
- b) Toda plataforma de contratación online deberá exigir a sus usuarios la formación de un perfil al registrarse. En dicho perfil deberá figurar la firma electrónica que permita la identificación del usuario. Previamente a la finalización del perfil, la web deberá proporcionar al usuario toda información que le sea útil y necesaria (productos ofrecidos o normas de protección de datos entre otros).
- c) El consentimiento podrá formalizarse mediante la cumplimentación del contrato y la firma electrónica del documento PDF siguiendo el procedimiento marcado por la Ley 59/2003, de 19 de diciembre, de firma electrónica. Adicionalmente, las partes podrán manifestar su consentimiento a través de una grabación audiovisual en la que muestren su comprensión y aceptación al acuerdo.
- d) De manera simultánea a la aceptación se generará una huella digital del contrato firmado electrónicamente y se insertará en la cadena de bloques descentralizada.

⁷⁵ Batuecas Caletrío, A., "Contratación Electrónica" *Universidad de Salamanca* (2004) p. 11

⁷⁶ Tur Faúndez, C., "Smart Contracts: Análisis Jurídico" (2018), p. 87-94

- e) Para la ejecución automática, el contrato inteligente debe contener los datos identificativos de las partes contratantes, la aceptación de la ejecución automática, la huella digital del acuerdo firmado electrónicamente y la dirección del lugar de almacenamiento del contrato.

v. Lenguaje natural vs. código informático

El acuerdo entre las partes debe ser expresado en código para poder ser procesado y ejecutado automáticamente por los sistemas informáticos. Mik identifica dos posibles maneras de codificar el contrato tradicional, codificando directamente el acuerdo de las partes o bien redactando inicialmente un acuerdo tradicional y posteriormente traducirlo a código⁷⁷. La traducción del contrato levanta dudas sobre su procedencia y adecuación. Autores como Kiviat consideran redundante la aplicación limitada de los contratos inteligentes a sencillas obligaciones contractuales que responden a una fórmula⁷⁸. Por otro lado, Mik destaca la existencia de un enfrentamiento en este ámbito entre los juristas cautelosos que afirman que los contratos inteligentes son aplicables únicamente a determinadas obligaciones, frente a los autores más técnicos que abogan por su aplicación generalizada. Asimismo, considera conflictiva la creación del contrato inteligente pues será redactado en código por un programador haciéndolo incomprensible para las partes, quienes no podrán verificar si refleja adecuadamente su voluntad.

A continuación, analizaremos los dos procedimientos a seguir para redactar un contrato inteligente, destacando las implicaciones de cada uno.

La primera opción consiste en la traducción de un contrato tradicional a código. En este sistema las partes elaborarán en primer lugar un contrato tradicional redactado en lenguaje natural que será posteriormente traducido a código por los programadores sin poder modificar ningún término legal o comercial⁷⁹. Mediante el presente mecanismo las partes guardarán una copia física del acuerdo que les será de utilidad como prueba ante futuros conflictos o desacuerdos sobre el contenido del pacto.

⁷⁷ Mik, E., "Smart Contracts: Terminology, Technical Limitations and Real World Complexity" (2017), p. 15-21

⁷⁸ Kiviat, T.I., "Beyond Bitcoin: Issues in Regulating Blockchain Transactions" *Duke Law Journal* 569 (2015), p. 575

⁷⁹ Frantz, C.K.; Nowostawski, M., "From institutions to code: Towards automated generation of smart contracts", *IEEE 1st international workshops on foundations and applications of self-systems (FASW)* (2016)

A pesar de que determinados autores técnicos aboguen por la utilización de programas informáticos de codificación automatizada, Wright y Filippi estiman insuficiente el estado de avance de dicha tecnología la cual comprometería la calidad de la traducción, ofreciendo una versión aproximada del contrato tradicional.⁸⁰ En el ámbito legal, la imprecisión de la redacción contractual puede derivar en efectos comerciales no deseados o disputas. Mik destaca la especial importancia que cobra la exactitud en los contratos inteligentes pues una vez iniciada la ejecución automática del contrato no podrá ser frenado.⁸¹

El origen del segundo problema, según señala Mik, radica en la errónea concepción que los programadores ostentan del contrato. Para este grupo, los contratos son un conjunto de cláusulas normalizadas que pueden emplearse en una generalidad de transacciones sin llegar a comprender que la estandarización del lenguaje legal no conlleva la reducción de los acuerdos a un algoritmo. La codificación del lenguaje legal natural precisará de una interpretación, previa o simultánea a la ejecución, para determinar con exactitud las obligaciones que se derivan del contrato en aras de codificarlas. Dicha interpretación deberá ser realizada por personas con amplios conocimientos legales y comerciales, quienes emplearán el contexto o la voluntad reflejada en el acuerdo para extraer su verdadero significado. Aunque una cooperación en la traducción entre juristas y programadores pudiera parecer deseable, el resultado final sería únicamente comprensible a los programadores no pudiendo los juristas verificar su adecuación a la realidad contractual. Una incorrecta interpretación del contrato inteligente causaría su errónea e imparable autoejecución, generando consecuencias indeseadas.

Un segundo mecanismo consistiría en la codificación directa del acuerdo de las partes sin la elaboración de un contrato tradicional previo. Los valedores de este sistema sostienen que se evitará la ambigüedad propia de los contratos tradicionales y demás complicaciones asociadas a la traducción de los mismos⁸². El empleo de términos precisos, claros y comprensibles exigidos en la redacción de los contratos inteligentes sería el origen de los mencionados beneficios⁸³. En este sistema, Mik resalta la necesidad de abogados y programadores de ampliar sus conocimientos en programación y derecho contractual recíprocamente.

⁸⁰ Wright, A.; Filippi, P., "Decentralized Blockchain Technology and the Rise of Lex Cryptographia" (2015)

⁸¹ Mik, E., "Smart Contracts: Terminology, Technical Limitations and Real World Complexity" (2017), p. 15-21

⁸² Wolfram, E., "Computational Law, Symbolic Discourse and the AI Constitution" (2016)

⁸³ Frantz, C.K.; Nowostawski, M., "From institutions to code: Towards automated generation of smart contracts", *IEEE 1st international workshops on foundations and applications of self-systems (FASW)* (2016)

Bajo la creencia de la inviabilidad del segundo sistema, Surden propone un procedimiento intermedio y conciliador de los dos anteriores. Su sistema consistiría en la redacción previa de un contrato tradicional orientado a la programación, cuidando la adecuación de los términos empleados, y su posterior traducción al código⁸⁴. El principal dilema que plantea este sistema son las asunciones en las que se basa, la deseabilidad de la eliminación de la ambigüedad y la posibilidad de codificar cualquier tipo de obligación contractual.⁸⁵

La eliminación de la ambigüedad puede ser percibida de dos maneras opuestas. Desde la perspectiva técnica, se trata de un fallo que debe ser enmendado. Desde la perspectiva legal, la ambigüedad (en muchas ocasiones intencionada) aporta flexibilidad y adaptabilidad al acuerdo, permitiendo su adaptación al medio cambiante que le rodea sin necesidad de renegociaciones⁸⁶. Mik declara que en ningún caso se podrá equiparar la precisión y exhaustividad exigida para la validez contractual con los algoritmos⁸⁷. A nivel práctico, cuanto mayor sea la precisión menor será su flexibilidad y eficacia pues si eliminamos la ambigüedad el contrato deberá prever cualquier eventualidad que pueda afectarle. En los contratos inteligentes, la codificación puede resultar compleja debido a la imposibilidad de prever la totalidad de eventualidades del contexto relacional que puede afectar a la ejecución de un contrato. Por ello, la ambigüedad en los contratos inteligentes incrementaría ostensiblemente la extensión de su redacción y con ello las posibilidades de incurrir en error.

La declaración que defiende la codificación generalizada de toda obligación contractual muestra una clara incompreensión del derecho contractual según la obra de Mik. Mientras ciertas obligaciones pueden expresarse esquemáticamente como un conjunto de pasos cuyo cumplimiento es analizable objetivamente, existen otros tipos de obligaciones que responden a un cuidado razonable y dependen de la capacidad de las partes para juzgar cuándo deben ejercer o abstenerse de realizar una acción. Los resultados subjetivos que se deriven de instrumentos tales como la buena fe o el buen padre de familia no serán codificables por programas informáticos⁸⁸. Dichos instrumentos no buscan la estricta aplicación de la ley sino la equidad entre las partes⁸⁹. Por lo que no todos los

⁸⁴ Surden, H., "Computable Contracts", *UC Davis Law Review* 46 (2012), p.674-675

⁸⁵ Mik, E., "Smart Contracts: Terminology, Technical Limitations and Real World Complexity" (2017), p. 15-21

⁸⁶ Levy, K.E.C., "Book-Smart, Not Street-Smart: Blockchain-Based Smart Contracts and The Social Workings of Law", *Engaging Science, Technology and Society* 10 (2017)

⁸⁷ Mik, E., "Smart Contracts: Terminology, Technical Limitations and Real World Complexity" (2017), p. 15-21

⁸⁸ Mik, E., "Smart Contracts: Terminology, Technical Limitations and Real World Complexity" (2017), p. 15-21

⁸⁹ Alfaro, J., "Contratos Inteligentes" (2016) <https://derechomercantilesmana.blogspot.com/2016/06/contratos-inteligentes.html>

contratos podrán ser codificados ni tener la posibilidad de ser inteligentes.

3. Valor probatorio

En opinión de Tur Faúndez la inmutabilidad de la cadena y su utilidad como fuente fiable de pruebas son las grandes aportaciones que podría realizar el Blockchain al mundo jurídico.⁹⁰ Por otro lado, Rosales de Salamanca resalta el rechazo que ha generado dicha tecnología en el cuerpo notarial por el uso del término “notarizar” en la cadena de bloques. Señala que el origen de la oposición a la cadena de bloques radica en su incapacidad para notarizar, pues únicamente los notarios gozan de la procedente autorización para llevar a cabo dicha labor⁹¹. En este contexto, no debemos desterrar la cadena de bloques sino otorgarle una nueva función en el ámbito jurídico como base de pruebas, permitiendo que los avances tecnológicos agilicen el proceso sin llegar a entorpecerlo.⁹²

Para una mejor comprensión de los potenciales usos del Blockchain hemos de compararlo con el sistema notarial tradicional. En primer lugar, los notarios tienen la competencia exclusiva de elevar a escritura pública los contratos (tradicionales o electrónicos), otorgando la condición necesaria para su inscripción en el registro de la propiedad. En segundo lugar, existe una identidad entre la validez y la eficacia de las obligaciones de ambos sistemas. Finalmente, ambos procedimientos permiten un archivo no manipulable de los documentos que custodian⁹³. Siguiendo el argumento de González Granado, la cadena de bloques no incorpora ningún valor adicional al documento mientras que la escritura pública notarial ejerce un mayor control sobre el fondo, incorporando una presunción de legalidad, veracidad e integridad del contenido y existencia del pacto⁹⁴. La presencia del notario a lo largo del proceso responde a propósitos concretos. El notario debe proporcionar a las partes contratantes información sobre las peculiaridades del proceso, deberá examinar la legalidad del acuerdo y comprobar la capacidad de las partes. Si bien Tur Faúndez resalta ciertas limitaciones y fallos prácticos que pueden darse en las mencionadas funciones, como por ejemplo la falta de conocimientos médicos que garanticen un juicio certero acerca de la capacidad de las partes. Adicionalmente, la doctrina del Tribunal Supremo resalta el carácter superficial del análisis notarial de la legalidad de los acuerdos, pudiendo advertir o aconsejar a las

⁹⁰ Tur Faúndez, C., “Smart Contracts: Análisis Jurídico” (2018), p. 95-107

⁹¹ De Salamanca Rodríguez, R., “Notarizar con Blockchain” (2016)

⁹² Bueno de Mata, F., “Prueba electrónica y proceso 2.0” (2014), p.117

⁹³ Tur Faúndez, C., “Smart Contracts: Análisis Jurídico” (2018), p. 95-107

⁹⁴ González Granado, J., “¿Enviaré Blockchain de vacaciones a los Notarios?” (2016)

partes, pero nunca denegando la autorización para la escritura pública.⁹⁵

Llopis Benlloch propone una postura intermedia al abogar por la digitalización del sistema notarial tradicional. Defiende la elaboración de una “escritura pública íntegramente electrónica” que reúna los beneficios del sistema tradicional y las ventajas de los avances tecnológicos⁹⁶. En este nuevo sistema el documento será generado por notario, firmado por las partes y el notario y finalmente almacenado en un archivo seguro de la notaría. Con tal fin Tur Faúndez alega que deberá elaborarse un protocolo que recoja y uniformice las matrices digitales a seguir por la totalidad de notarios⁹⁷. En este nuevo modelo, la firma electrónica reconocida (art. 24 LSSICE, art. 281 LEC y siguientes y en la Ley de Firma Electrónica) sería el principal medio de identificación de las partes.

El proceso de prueba de los contratos inteligentes puede encontrarse con dos retos según Tur Faúndez, la ejecución automática y la indivisibilidad del acuerdo de los programas informáticos sobre los que se proyecta. El acto de la prueba puede ser especialmente complejo en la acreditación de la correcta traducción de la voluntad de las partes a código, la comprobación del cumplimiento de las obligaciones de información y requisitos de validez o la ejecución fiel a la voluntad de las partes entre otras. La prueba pericial se presenta como el medio más adecuado para acreditar las exigencias de los contratos inteligentes, siendo necesario la formación de juristas con conocimientos en programación e informática para llevarlo a cabo.

⁹⁵ STS 2176/2008 del 20 de mayo de 2008

⁹⁶ Llopis Benlloch, J.C., “La matriz digital de la escritura notarial: ¿sí o no?” (2016)

⁹⁷ Tur Faúndez, C., “Smart Contracts: Análisis Jurídico” (2018), p. 95-107

VII. Integración de los contratos inteligentes en el mundo real

1. Los contratos inteligentes llevados a la práctica

La autoejecución de los contratos inteligentes no sólo requiere de la codificación del acuerdo sino también de datos que confirmen las condiciones predispuestas para su inicio. Podemos clasificar dichos datos en dos: on-chain y off-chain. Los datos on-chain hacen referencia a información contenida en la propia cadena (p. ej. la fecha). Por el contrario, los datos off-chain remiten a una realidad externa y ajena a la cadena (p. ej. la entrega del producto). La principal dificultad que se plantea es la incapacidad de la cadena para percibir autónomamente los datos off-chain, lo cual exigirá la implementación de un medio de comunicación con el exterior.⁹⁸

El procedimiento de desarrollo de los contratos inteligentes presenta dos grandes complicaciones. Las transacciones realizadas por Blockchain requieren de dos claves, una pública que se asemeja a una cuenta bancaria y una privada que sería la contraseña. La transferencia de fondos a una clave pública requerirá la introducción de la clave privada para su autorización, presumiéndose que se encuentra en posesión exclusiva del titular⁹⁹. Este sistema de seguridad convierte los contratos inteligentes en cajas fuertes únicamente accesibles mediante una clave privada (dato on-chain) o concurrencia de un evento exterior (dato off-chain). En este último caso, si se condicionara la autoejecución a un dato off-chain sería necesaria la intervención de un tercero (oráculo) que verificara y registrara dicho dato en la cadena. Este procedimiento presenta los siguientes impedimentos, la dificultad de escoger un oráculo de confianza que verifique infaliblemente los datos off-chain y la fiabilidad de las fuentes de información que emplee para fundamentar su juicio. Ante dichos inconvenientes, las partes deberán pactar de antemano la aceptación de los juicios emitidos por el oráculo elegido y crear una fuente de información imparcial. Es apreciable, en opinión de Surden, la pérdida que genera los datos off-chain de las principales ventajas de los contratos inteligentes.¹⁰⁰

En relación con lo anterior, Surden identifica las dos modalidades de información de las que se nutre la cadena de bloques: pública (p. ej. precios de cotización) y privada (p. ej. cumplimiento contractual). La información

⁹⁸ Mik, E., "Smart Contracts: Terminology, Technical Limitations and Real World Complexity" (2017), p. 21-24

⁹⁹ Nakamoto, S., "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System" (2008)

¹⁰⁰ Surden, H., "Computable Contracts" *UC Davis Law Review* 683 (2012), P. 685

pública es fácilmente accesible pues se expone en webs oficiales. De encontrar información contradictoria sobre el mismo evento, el sistema informático se bloquearía. Para evitar dicho obstáculo, las partes deberán pactar un orden de preferencia en el uso de webs. La información privada genera una dificultad de naturaleza diferente. Su obtención y tratamiento por la cadena requeriría de una infraestructura de sensores que monitorizasen los movimientos de las partes. Actualmente dicha tecnología no goza ni del desarrollo ni de la seguridad suficiente para ser generalizada. Nuevamente, la expansión de los contratos inteligentes se ve frenada por la inexistencia de tecnología que garantice su cumplimiento eficaz y su completa automatización. Por ello concluimos que únicamente las operaciones que empleen datos on-chain verificables por un ordenador podrán ser autoejecutadas.

2. El futuro de los contratos inteligentes y sus potenciales usos

Salvando las limitaciones previamente mencionadas, Chandler defiende que los contratos inteligentes podrían ser aplicados en aquellas situaciones en las que se desee transmitir y almacenar fondos o información de manera segura, inmutable y sin la intervención de un tercero¹⁰¹. A continuación, expondremos algunos ejemplos de las aplicaciones potenciales de los contratos inteligentes que Chandler emplea en su obra.

En el marco de la gestión empresarial, los proyectos se dilatan excesivamente como consecuencia de las diversas manipulaciones o correcciones a las que deben someterse, obligándoles a pasar de mano en mano, escalando la jerarquía hasta conseguir la aprobación del responsable. El Blockchain permitiría a todos los involucrados acceder e intervenir simultáneamente en cada fase de la cadena, eliminando los problemas de comunicación e incrementando la eficiencia del proceso.

Las cadenas de suministro pierden eficiencia y agilidad a raíz de los sistemas burocráticos internos de cumplimentación y aprobación de formularios. Los contratos inteligentes permitirían adaptar la producción a la demanda mediante la introducción de un eslabón que ordene, llegado a un nivel de ventas, una producción adecuada a dicho indicador. Por otro lado, la transparencia e inmutabilidad del Blockchain lo convierten en un

¹⁰¹ Chandler, R., "Smart Contracts: How to Understand Smart Contracts and Be Ahead of Competition – Learn About The Future of Blockchain Technology" (2016)

instrumento de auditoría contra el fraude y los errores.

La seguridad de proceso electoral se vería favorecida por el uso de los contratos inteligentes, pues su inmutabilidad prevendría posibles fraudes o amaños. La publicidad del voto y la privacidad de la identidad del votante estarían protegidas por el sistema de doble clave y el proceso de minado. Su aplicación permitiría la votación a distancia a través de un ordenador.

En el ámbito inmobiliario, los intermediarios guían el proceso de compra poniendo en contacto a los interesados y gestionando la firma del contrato. El Blockchain permitiría a las partes codificar el contrato y autoejecutarlo de tal manera que sólo permitiera el acceso al inmueble si se ha registrado previamente el pago acordado. Este nuevo proceso prescindiría de los intermediarios, incrementando el margen de beneficio para el dueño del inmueble.

Mediante el uso de la doble clave, el sistema sanitario podría almacenar de forma anónima y segura información acerca de los pacientes. Podría introducirse en la cadena información sobre prescripciones médicas, recetas, resultados o historiales clínicos que serían únicamente accesibles por el personal autorizado. Asimismo, el anonimato permitiría estudiar dichos datos sin violar la privacidad de los pacientes.

VIII. Aplicación y viabilidad en España; alternativas legales ya existentes en el Ordenamiento Jurídico español

A continuación, analizaremos los instrumentos jurídicos tradicionales que pueden suplir las funciones pretendidas por los contratos inteligentes. Asimismo, estudiaremos los efectos que los Smart Contracts podrían generar sobre el sistema notarial español. El fin último de este apartado es determinar con certeza la necesidad o prescindibilidad de dicha modalidad contractual en el ordenamiento jurídico actual.

1. Títulos Cambiarios Digitales

Los títulos valores (TV) son un fenómeno mercantil que se configuran como un negocio jurídico accesorio. Esta modalidad contractual facilita tres acciones: la formalización de la obligación, el pago de la deuda y la transmisibilidad del crédito. Se caracterizan por un doble efecto: la ejecución del título mediante su presentación y la presunción de legítima posesión del TV por quien lo presenta, lo cual favorece la fluidez del tráfico mercantil. Para poder comparar su utilidad con la de los contratos inteligentes debemos analizar su versión electrónica. En virtud de la LSSICE se entenderá por satisfecho el requisito de forma escrita de un contrato cuando se redacte en soporte digital. Asimismo, la voluntad manifestada a través de la firma electrónica tendrá el mismo valor que la firma manuscrita¹⁰². Dicha validez dependerá de su creación por un dispositivo seguro de generación de firmas y su verificación por una entidad de certificación. En lo que se refiere a la transmisión del derecho cambiario por endoso, será válido todo endoso electrónico de un TV electrónico que cumpla las mismas premisas de la emisión.¹⁰³

Por consiguiente, la digitalización de los TV permitiría la creación de un contrato digital por el que las partes consentirían electrónicamente a realizar un pago llegada la fecha de vencimiento acordada. Permaneciendo el cumplimiento de la obligación bajo el control de las partes. Asimismo, podrían modificar los términos del contrato en caso de cambio de las circunstancias.

¹⁰² Con el fin de mantener la unidad del mercado interno, la UE ha homogeneizado el marco jurídico de la firma electrónica en la totalidad del territorio comunitario.

¹⁰³ Quetglas, R.S., “Los Valores en General” (2018)

En opinión de Gómez Díez, la digitalización de los TV se ve impulsada por el deseo de reducir el tiempo y los costes de transacción que pueden llegar a generar una distorsión en el valor. El registro informático de los TV ofrecería a los interesados una fuente de información constante para trazar el estado del documento. Jurídicamente, la transformación electrónica permitiría la verificación automática del contenido y validez del negocio. Consecuentemente, se reduciría los posibles fraudes aumentando la seguridad jurídica.¹⁰⁴

A su vez Gómez Díez advierte de las amenazas que puede generar la desmaterialización de los títulos al tráfico jurídico. La potencial suplantación de identidad causada por la falta de presencia física de los partícipes cambiarios puede combatirse con el empleo de claves criptográficas (de posesión exclusivamente individual) expresadas a través de la firma electrónica. Aunque la firma electrónica se limita a constatar la identidad, sin poder acreditar la posesión del título en un momento concreto. En el ámbito cambiario se traduciría en la transmisión indiscriminada del archivo electrónico del TV, abriendo simultáneamente varias líneas de circulación paralelas.

Finalmente, Jesús Alfaro¹⁰⁵ y Gómez Díez proponen la creación de una entidad legal de registro y emisión de TV electrónicos, semejante a las existentes en los mercados secundarios. Esta entidad mantendría un registro único de todos los TV electrónicos en circulación representado por anotaciones en cuenta, controlando y protegiendo los derechos cambiarios. Para su funcionamiento, la entidad deberá estar informada de las declaraciones de voluntad que recaigan sobre el TV, vinculando a cada una con un identificador digital. Siguiendo este procedimiento, cuando un sujeto pretenda transmitir el TV, la entidad comprobará automáticamente la vigencia del identificador para emitir la correspondiente autorización. De esta forma, la entidad incrementaría la seguridad del tráfico jurídico gracias al registro único, fiable y consistente de las transacciones cambiarias digitales.¹⁰⁶

Para concluir, los TV son una alternativa óptima, viable y eficiente a los contratos inteligentes. Esta modalidad

¹⁰⁴ Gómez Díez, J.L., “El título valor electrónico, especial referencia a la letra de cambio electrónica y la actuación notarial”, *La Notaría* (2012)

¹⁰⁵ Alfaro, J., “Contratos Inteligentes (III): no son mas que letras de cambio autogestionadas mediante anotaciones en cuenta” (2017) <https://derechomercantilespana.blogspot.com/2017/03/contratos-inteligentes-iii-no-son-mas.html>

¹⁰⁶ Gómez Díez, J.L., “El título valor electrónico, especial referencia a la letra de cambio electrónica y la actuación notarial”, *La Notaría* (2012)

contractual ofrece una mayor fluidez al tráfico jurídico, objetivo último de los contratos inteligentes, adecuándose a las premisas legales requeridas por el ordenamiento. Asimismo, proporciona una mayor seguridad, flexibilidad y garantía legal pues podrá modificarse una vez concluido y su ejecución podrá ser reconducida en función de las circunstancias.

2. Sistema Notarial

En el siguiente apartado analizaremos los principales efectos que generaría la implementación de la tecnología Blockchain en el sistema notarial. El motivo para ello es determinar si las alegaciones que afirman la desaparición o neutralización de las funciones notariales son acertadas o no.

En opinión de González Rosales el sistema notarial podría beneficiarse doblemente de la implementación del Blockchain¹⁰⁷. Primeramente, la confidencialidad y la seguridad del tráfico notarial se vería favorecida por los atributos del Blockchain (descentralización y encriptación), instrumentándose en la firma electrónica cualificada y el hash. Dichos mecanismos certifican la autenticidad, integridad y la fecha de los documentos. Por otro lado, la creación de un sistema centralizado de almacenamiento sin intermediarios sería la segunda gran aportación de la tecnología al cuerpo notarial. Los anteriores avances reducirían los costes de comunicación, transacción y gestión documental notarial, haciendo más económicos y ágiles los servicios prestados por los notarios

La normativa comunitaria y el art. 1227 CC otorga al notario en exclusiva la potestad para dar fe pública sobre la fecha del sello temporal registrado en el hash. González Rosales matiza esta función, pues la cadena de bloques únicamente registrará las comunicaciones recibidas y remitidas por el notario pudiendo dejar constancia de ciertos datos. En este sentido los eslabones contendrán información sobre la identidad de las partes y un registro histórico de las transacciones realizadas por ellas. Es más, Ibáñez Jiménez propone la creación de una cadena de bloques privada en la que los notarios intervengan en el proceso de minado bajo su condición de fedatario público, incrementando las garantías y la seguridad de la actividad. Siguiendo este razonamiento, nada impediría la

¹⁰⁷ González Rosales, F., "Blockchain ¿tecnología útil para los notarios?" *Blog de Francisco Rosales de Salamanca* (2017) <http://www.notariofranciscorosales.com/uso-blockchain-los-notarios/>

compatibilización de la nueva tecnología con el sistema notarial tradicional.¹⁰⁸

La conclusión extraída por González Rosales en su obra resalta las significativas diferencias entre el archivo y custodia notarial y el registro de Blockchain. Coincidiendo con los argumentos de Llopis Benlloch¹⁰⁹, ambos autores resaltan la limitada capacidad del Blockchain para analizar y juzgar el contenido de los documentos registrados. Pues la tecnología dejará constancia de la fecha del registro del documento sin evaluar su legalidad, validez formal o veracidad, no pudiendo emitir copias en caso de extravío pues al no prever su contenido no lo podrá replicar.

González Rosales nos recuerda los presupuestos necesarios para que el documento notarial produzca efectos jurídicos. El notario deberá guiar y asesorar a las partes a lo largo del proceso, garantizando el cumplimiento de la normativa. Por un lado, el notario examinará la legitimidad, capacidad y libertad volitiva de las partes. Asimismo, comprobará si el contenido material y formal del documento se ajusta a derecho. La ausencia de dichos presupuestos en el sistema de Blockchain impediría el despliegue de efectos jurídicos de los documentos registrados en la innovadora plataforma.

Finalmente, Llopis Benlloch identifica el origen de las alegaciones de sustitución tecnológica de los notarios en un grave error. La equivocación radica en la errada identificación de los medios técnicos con el prestador del servicio. Pues el Blockchain podrá asistir a la actividad notarial pero nunca suplirla. Concluye afirmando que el Blockchain no reemplazará a los notarios en la medida de que carece de la capacidad para evaluar la legalidad y veracidad del documento, pues dicha actividad posee un gran componente humano. Por otro lado, el mandato legal de dación de fe pública a favor de los notarios aporta una extraordinaria seguridad jurídica no garantizable por el Blockchain.

3. Sistema Registral

¹⁰⁸ Ibáñez Jiménez, J.W., "Cuestiones jurídicas en torno a la cadena de bloques (Blockchain) y a los contratos inteligentes (Smart Contracts)" *Revista cuatrimestral de las Facultades de Derecho y Ciencias Económicas Empresariales* 101 (2017)

¹⁰⁹ Llopis Benlloch, J., "Blockchain y la profesión notarial" *El notario del siglo xxi: Revista del Colegio Notarial de Madrid* 71 (2017) <http://www.elnotario.es/index.php/hemeroteca/revista-70/7106-blockchain-y-profesion-notarial>

En el presente apartado analizaremos la aplicabilidad del Blockchain a los registros públicos y los principales efectos para el ordenamiento jurídico.

Ibáñez Jiménez opina que la falta de interés de la cadena de bloques por dejar constancia de la titularidad de derechos reales sobre bienes o la constitución de personas jurídicas y sus alteraciones nos impide considerarla como una institución jurídica administrativa¹¹⁰. Resalta la ausente declaración legal del Blockchain como instrumento técnico apto para el desempeño de la actividad registral pública hasta el momento. Dicha carencia impide el despliegue de los efectos propios de los principios registrales fundamentales de fe pública registral, publicidad y legitimación (art. 34 y ss. LH).

La falta de los principios registrales generaría una carencia en la publicidad necesaria para proteger tanto a los titulares frente ataques de terceros como a los terceros de los posibles fraudes en sus transacciones¹¹¹. González Martínez destaca que el Blockchain tampoco podría garantizar la exactitud y veracidad del contenido del registro y su correspondencia con la realidad¹¹². Por último, el sistema tradicional refuerza la fiabilidad de su contenido y la seguridad del tráfico jurídico otorgando una tutela legal al tercero de buena fe. Mediante dicha tutela se reconocerán los derechos adquiridos por el tercero de buena fe que hubiera confiado en el contenido del registro. La ausencia del principio provocará la desprotección y vulnerabilidad de los terceros de buena fe en detrimento de la seguridad del tráfico jurídico. En la medida en que no se apliquen los principios registrales, la cadena de bloques no podrá considerarse como un registro público.¹¹³

En opinión de Ibáñez Jiménez, la utilidad del Blockchain no se ve desterrada por la inaplicación de los principios registrales. La tecnología podría emplearse como un sistema de inscripción, almacenaje, custodia y probación en juicio de los documentos en él contenido, dejando constancia del historial de la operación y mejorando la anotación del contenido. Pero la necesaria intervención de un tercero imparcial en la gestión del registro impide

¹¹⁰ Ibáñez Jiménez, J.W., "Cuestiones jurídicas en torno a la cadena de bloques (Blockchain) y a los contratos inteligentes (Smart Contracts)" *Revista cuatrimestral de las Facultades de Derecho y Ciencias Económicas Empresariales* 101 (2017)

¹¹¹ Díez-Picazo, L., "Fundamentos del Derecho Civil Patrimonial III" (1995) p. 450

¹¹² González Martínez, J., "Derecho Inmobiliario y Derecho Hipotecario. Estudios de Derecho Civil Hipotecario" (2009) p 467

¹¹³ Ibáñez Jiménez, J.W., "Cuestiones jurídicas en torno a la cadena de bloques (Blockchain) y a los contratos inteligentes (Smart Contracts)" *Revista cuatrimestral de las Facultades de Derecho y Ciencias Económicas Empresariales* 101 (2017)

que la tecnología sustituya a los registradores.¹¹⁴

¹¹⁴ Alfaro, J., “Los (costes de) los contratos inteligentes (IV)” (2018), <https://derechomercantilesana.blogspot.com/2018/01/los-costes-de-los-contratos.html>

IX. Conclusión

Los desarrolladores de los contratos inteligentes han provocado un desligamiento del término contrato. Desde la perspectiva técnica, los contratos inteligentes son un conjunto de códigos almacenados en la cadena de bloques capaces de ejecutar el acuerdo que reflejan. Mientras que los juristas resaltan que el mero empleo del término contrato no otorga validez jurídica a los mencionados códigos. Será la concurrencia de los elementos esenciales contractuales (consentimiento, objeto y causa) los que otorguen la condición de legalidad al acuerdo. En lo referente al lenguaje, parte de la doctrina identifica como causa de invalidez de los contratos inteligentes la incomprendibilidad del lenguaje de código para las partes. Mientras que otras corrientes doctrinales defienden que el programa y el acuerdo son un mismo contrato expresado en lenguajes diferentes, cuya validez dependerá de su fidedigna traducción.

Las principales ventajas que alegan los defensores de la expansión de los contratos inteligentes se topan con ciertos obstáculos. Los potenciales errores de información, la errónea traducción o la posible alteración de las circunstancias contractuales minan la no necesaria confianza de las partes en el proceso, impidiendo garantizar el cumplimiento perfecto del acuerdo. Dichos factores pueden generar una discordancia entre lo reflejado en el código y el verdadero acuerdo de las partes, conllevando a la ejecución imparable de un acuerdo no deseado. La validación de las transacciones se ve afectada por la incapacidad manifiesta del Blockchain para comprobar la legalidad de los acuerdos recogidos en la cadena. Por otro lado, la autoejecución debe condicionarse a la concurrencia de unas circunstancias que de ser ajenas a la cadena serían inapreciables por la tecnología. Dicha información deberá ser colectada e insertada por un intermediario (oráculo) cuya fiabilidad y eficacia condicionan el proceso. Las anteriores dificultades reducen los potenciales beneficios y ventajas que el ordenamiento jurídico puede obtener de los contratos inteligentes. Ejemplo de ello lo encontramos en la sustitución de los intermediarios legales por los propios intermediarios de la tecnología (oráculos), suprimiendo la ventaja de la eliminación de los intermediarios que llevaba al abaratamiento del contrato. En relación con lo anterior podemos concluir que serán únicamente autoejecutables los contratos inteligentes basados en datos on-chain comprobables autónomamente por un sistema computacional.

En relación con el párrafo anterior, Jesús Alfaro opina que los contratos inteligentes presentan una importante ineficiencia coste-beneficio, pues los inconvenientes que genera superan a las ventajas que ofrece la tecnología.

Como prueba de ello, la inflexibilidad y la rigidez de los contratos incrementan los posibles costes de renegociación por encima de los beneficios que se obtendrían del acuerdo.

El concepto de contrato inteligente fue desarrollado por informáticos bajo una asunción imprecisa. Dichos técnicos asumían que los contratos legales eran un conjunto ordenado de cláusulas estandarizadas que expresaban estructuralmente las ordenes que debían cumplir las partes siendo objetivamente analizables por las computadoras. No comprendieron que en su mayoría los cuerdos deben ser interpretados con el fin de extraer el significado concreto de los términos ambiguos empleados. Aún existiendo una cooperación jurídico-informática, el resultado seguiría siendo únicamente comprensible por los programadores, pudiendo producirse errores legales no apreciables por ellos. Asimismo, ciertos contratos requieren de un juicio subjetivo (buena fe o diligencia de un buen padre de familia) imposible de procesar por un ordenador. Por estos motivos podemos afirmar que no todos los contratos podrán ser inteligentes.

El lenguaje de código empleado en los contratos inteligentes puede frenar su expansión. La falta de conocimientos en programación de los juristas y la ausente formación en derecho de los programadores evidencian la significativa distancia entre ambos campos. Cualquier cooperación entre ambos profesionales concluiría con un texto redactado en código ininteligible para las partes y los juristas. Se trató de solventar el problema mediante el desarrollo de un programa de traducción automática pero la pérdida de precisión del texto resultante comprometía la seguridad jurídica. De este modo se abre otra área conflictiva, la precisión del lenguaje. Los programas informáticos que procesan los contratos inteligentes requieren de unas cláusulas claras, completas y precisas. Legalmente, la menor ambigüedad del texto deriva en una pérdida de flexibilidad y capacidad de adaptación al cambio que obligará a la renegociación del contrato ante cualquier cambio en la relación. Desde la perspectiva técnica, la ambigüedad del texto obligará a los programadores a codificar el mayor número de escenarios posibles sin poder prever todos los acontecibles. Lo anterior se traducirá en una extensa redacción de código que incrementará las probabilidades de incurrir en un error de codificación, afectando nuevamente a la autoejecución.

Finalmente, los contratos inteligentes deberán superar ciertas barreras antes de poder reemplazar a los instrumentos jurídicos tradicionales. Los títulos valores cambiarios digitales se presentan como la alternativa tradicional más similar a los contratos inteligentes pues en ambos casos las partes pactan el cumplimiento de una obligación en un momento concreto siendo ejecutable por medios digitales. Con la diferencia de que los TV

favorecen la transmisibilidad de la obligación, la fluidez y seguridad del tráfico jurídico al mismo tiempo que garantizan el cumplimiento de las premisas legales. A pesar de la utilidad que podría extraer la actividad notarial del Blockchain, los contratos inteligentes deberán desarrollar la capacidad de examinar el fondo del documento, la legalidad del acuerdo y la capacidad de las partes antes de poder sustituir a los notarios. Por último, el reconocimiento legal de aptitud como instrumento de registro desencadenaría la aplicación de los principios registrales por el Blockchain, transformándolo en una valiosa herramienta para el sistema registral.

Por lo que podemos asumir que los contratos inteligentes se encuentran en fase beta, en un estado de desarrollo primitivo que impide el despliegue pleno de las ventajas latentes de la tecnología. Consecuentemente, el trabajo y progreso en las áreas de mejora previamente expuestas permitirían a los contratos inteligentes superar sus limitaciones legales y alcanzar su meta en la contratación digital. Actualmente, el Blockchain puede ser de gran utilidad en distintas áreas legales sin llegar a ocupar el lugar de los instrumentos legales tradicionales. Finalizo recordando la enseñanza de Llopis Benlloch, no debemos confundir al prestador con los medios técnicos empleados para proporcionar el servicio.

X. Bibliografía

Alfaro, J. 2017. *Contratos Inteligentes (III): no son mas que letras de cambio autogestionadas mediante anotaciones en cuenta*. 10 de marzo. Último acceso: 2019 de marzo de 21.

<https://derechomercantiles pana.blogspot.com/2017/03/contratos-inteligentes-iii-no-son-mas.html>.

—. 2016. *Contratos Inteligentes*. 1 de junio. Último acceso: 2019 de marzo de 21.

<https://derechomercantiles pana.blogspot.com/2016/06/contratos-inteligentes.html>.

—. 2018. *Los (costes de) los contratos inteligentes (IV)*. 8 de enero. Último acceso: 2019 de marzo de 21.

<https://derechomercantiles pana.blogspot.com/2018/01/los-costes-de-los-contratos.html>.

Arruñada, B. 2018. *Blockchain's Struggle to Deliver Impersonal Exchange*.

Bamberger, K.A. 2010. «Technologies of Compliance: Risk and Regulation in a Digital Age.» *Texas Law Review Vol. 669*.

Batuecas Caletrío, A. 2004. «Contratación Electrónica.» *Universidad de Salamanca*.

BBVA. 2017. *De Alan Turing al "Ciberpunk": La Historia de "Blockchain"*. <https://www.bbva.com/es/historia-origen-blockchain-bitcoin/>.

Bueno de Mata, F. 2014. *Prueba electrónica y proceso 2.0*.

Chandler, R. 2016. *Smart Contracts: How to Understand Smart Contracts and Be Ahead of Competition – Learn About The Future of Blockchain Technology*.

Clack, D.C. 2016. *Smart Contract Templates: foundations, design landscape and research directions*.

De Salamanca Rodríguez, R. 2016. *Notarizar con Blockchain*.

Díez-Picazo, L. 1995. *Fundamentos del Derecho Civil Patrimonial III*.

Eisenberg, M.A. 2005. «Actual and Virtual Specific Performance, the Theory of Efficient Breach, and the Indifference Principle in Contract Law.» *California Law Review Vol. 975*.

Fairfield, J.A.T. 2014. «Smart Contracts, Bitcoin Bots and Consumer Protection Vol. 35.» *Washington and Lee Law Review Online 37-38*.

Frantz, C.K., y M. Nowostawski. 2016. «From institutions to code: Towards automated generation of smart contracts.» *IEEE 1st international workshops on foundations and applications of self-systems (FASW)*.

—. 2016. «From institutions to code: Towards automated generation of smart contracts.» *IEEE 1st international workshops on foundations and applications of self-systems (FASW)*.

Frischmann, B., y E. Selinger. 2016. «Engineering Humans with Contracts.» *Benjamin N. Cardozo School of Law Faculty Research Paper No. 493*.

Goetz, C., y R. Scott. 1977. «Liquidated Damages, Penalties, and the Just Compensation Principle: A Theory of Efficient Breach.» *Columbia Law Review Vol. 554*.

González Granado, J. 2016. *¿Enviaré Blockchain de vacaciones a los Notarios?* <https://notariabierta.es/enviara-blockchain-vacaciones-los-notarios/>.

González Martínez, J. 2009. *Derecho Inmobiliario y Derecho Hipotecario. Estudios de Derecho Civil Hipotecario*.

González Rosales, F. 2017. *Blockchain ¿tecnología útil para los notarios?* <http://www.notariofranciscorosales.com/uso-blockchain-los-notarios/>.

Gómez Díez, J.L. 2012. «El título valor electrónico, especial referencia a la letra de cambio electrónica y la actuación notarial.» *La Notaría*.

- Ibáñez Jiménez, J.W. 2017. «Cuestiones jurídicas en torno a la cadena de bloques (Blockchain) y a los contratos inteligentes (Smart Contracts).» *Revista cuatrimestral de las Facultades de Derecho y Ciencias Económicas Empresariales* 101.
- Illescas Ortiz, R. 2009. *Derecho de la Contratación Electrónica*.
- ISDA & Linklaters. 2017. «Whitepaper: Smart Contract and Distributed Ledger – A Legal Perspective.» *ISDA*.
- Kiviat, T.I. 2015. «Beyond Bitcoin: Issues in Regulating Blockchain Transactions.» *Duke Law Journal* Vol. 569 575.
- Kwesi Atta-Krah, D. 2016. «Preventing A Boom from Turning Bust: Regulators Should Turn Their Attention to Starter Interrupt Devices Before the Subprime Auto Lending Bubble Burst.» *Iowa Law Review* Vol. 1187.
- Lampert, L. 1982. «The Byzantine Generals Problem.» En *Transactions on programming languages and systems*, 382.
- Levy, K.E.C. 2017. «Book-Smart, Not Street-Smart: Blockchain-Based Smart Contracts and The Social Workings of Law.» *Engaging Science, Technology and Society* 10.
- Llopis Benlloch, J. 2017. *Blockchain y la profesión notarial*.
<http://www.elnotario.es/index.php/hemeroteca/revista-70/7106-blockchain-y-profesion-notarial>.
- Llopis Benlloch, J.C. 2016. *La matriz digital de la escritura notarial: ¿sí o no?*
<http://www.notariallopis.es/blog/i/1400/73/la-matriz-digital-de-la-escritura-notarial-si-o-no-notartic>.
- Mik, E. 2017. *Smart Contracts: Terminology, Technical Limitations and Real World Complexity*.
- Morell Ramos, J. 2016. «Cómo crear un Smart Contract con términos y condiciones.» *Legaltech, Términos y condiciones*.

- Mulligan, C.M. 2008. «Perfect Enforcement of the Law: When to Limit and When to Use Technology.» *Richmond Journal of Law and Technology Vol. 13.*
- Nakamoto, S. 2008. *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System.*
- Navarro Mendizábal, I.A. 2013. *Derecho de obligaciones y contratos.*
- Peel, E. 2018. *Chitty on Contracts Vol. 1.*
- Popper, N. 2015. «Decoding the Enigma of Satoshi Nakamoto and the Birth of Bitcoin.» *New York Times.*
- Prenafeta Rodríguez, J. 2016. «Smart Contracts: aproximación al concepto y problemática legal básica.» *Diario la Ley.*
- Puyol Montero, J. 2016. *¿Qué son los Smart Contracts o contratos digitales?*
- Quetglas, R.S. 2018. «Los Valores en General.»
- Reitwiessner, C. s.f. *Introduction to smart contracts.* Último acceso: Marzo de 2019.
<https://solidity.readthedocs.io/en/develop/introduction-to-smart-contracts.html>.
- Serrano Segarra, M. 2006. «La Formación del Contrato Electrónico.» *Revista de la Facultad de Ciencias Sociales y Jurídicas de Elche.*
- Surden, H. 2012. «Computable Contracts.» *UC Davis Law Review* 46 674-675.
- Szabo, N. 1997. *Formalizing and Securing Relationships on Public Networks.*
—. 1997. *Formalizing and Securing Relationships on Public Networks.*
—. 1997. *The idea of Smart Contracts.*
- The American Law Institute. 1981. *The restatement of the Contracts Vol. 1 2nd edn.*
- Tur Faúndez, C. 2018. *Smart Contracts: Análisis Jurídico.*

Werbach, K., y N. Cornell. 2017. *Contracts ex machina*.

Winn, J.K., y B. Wright. 2001. «Law of Electronic Commerce.»

Wolfram, E. 2016. *Computational Law, Symbolic Discourse and the AI Constitution*.

Wood, G. 2014. *Ethereum: A secure Decentralised Generalised Transaction Ledger*.

—. 2015. *Ethereum: A Secure Decentralized Generalized Transaction Ledger*.

Wright, A., y P. Filippi. 2015. *Decentralized Blockchain Technology and the Rise of Lex Cryptographia*.

Zeppelin Solutions. 2017. *Serpent Complier Audit*.