

Informe sobre la utilización de *blockchain* en la configuración de *smart contracts* en el ámbito público

Nicolás Garralón Blas



Esta obra se encuentra sujeta a la licencia Creative Commons **Reconocimiento – No Comercial – Sin Obra Derivada**

Índice

RESUMEN.....	5
ABSTRACT	5
I. INTRODUCCIÓN.....	6
1.1 Estado de la cuestión.....	6
1.2 Objeto de estudio e hipótesis de trabajo: identificación y aproximación al reto planteado	7
1.3 Metodología.....	8
2. TECNOLOGÍA DE REGISTRO DISTRIBUIDO Y <i>BLOCKCHAIN</i>	11
2.1 Funcionamiento y caracterización	12
2.2 Tipología de cadenas de bloques.....	14
2.2.1 <i>Blockchains</i> públicas	15
2.2.2 <i>Blockchains</i> privadas.....	15
2.2.3 <i>Blockchains</i> híbridas	16
2.3 Aplicaciones de <i>blockchain</i> en el sector público	17
2.3.1 Registro público de títulos o activos	19
2.3.2 Sistemas de identificación y voto electrónico	21
2.3.3 Asistencia y gestión sanitaria	22
2.3.4 Gestión de impuestos	25
3 SMART CONTRACTS.....	26
3.1 Conceptualización, caracterización y naturaleza jurídica	27
3.2 Funcionamiento de los <i>smart contracts</i>	28
3.3 Ámbito de aplicación de los <i>smarts contracts</i>	33
4 APROXIMACIÓN AL RÉGIMEN JURÍCO.....	35
4.1 Unión Europea	35
4.2 Regulación en España.....	37
4.3 Referencia específica a la aplicación de la normativa de protección de datos en entornos <i>blockchain</i>	38
5 BLOCKCHAIN Y SMART CONTRACTS EN LA CONTRATACIÓN PÚBLICA..	42
5.1 Uso de <i>blockchain</i> en el registro de contratistas del Gobierno Vasco (Expediente EJE-133-2017).....	43
5.2 Sistema de licitación electrónica mediante <i>blockchain</i> del Gobierno de Aragón (Expediente SCC 24/2018)	43
5.3 Desarrollo y evolución del sistema de licitación electrónica con <i>blockchain</i> del Gobierno de Aragón (Expediente HAP_SGT_5/2021)	45
6 APROXIMACIÓN AL RETO A TRAVÉS DE UNA CONSULTA PRELIMINAR AL MERCADO EN EL MARCO DE UNA COMPRA PÚBLICA PRE-COMERCIAL.....	47
6.1 Justificación del reto en el marco de una compra pública precomercial.....	47

6.2	Consulta preliminar al mercado sobre el reto planteado	50
7	CONTENIDO Y DESARROLLO DE LAS BASES DE LA CONVOCATORIA DE CONSULTA PRELIMINAR AL MERCADO EN EL MARCO DE UNA CPP PARA EL DESARROLLO UN SMART CONTRACT	52
7.1	Antecedentes.....	52
7.2	Reto a resolver: automatización de la ejecución de un contrato de servicios de transporte escolar de alumnos de colegios públicos	54
7.2.1	Alcance del <i>smart contract</i>	54
7.2.2	Objetivos y áreas de actuación del <i>smart contract</i>	56
7.3	Objeto de la convocatoria.....	57
7.4	Participantes.....	57
7.5	Participación en la CPM	57
7.5.1	Presentación de las propuestas	57
7.5.2	Plazo.....	58
7.5.3	Idioma	58
7.6	Publicidad e información	58
7.7	Cierre	58
7.8	Grupo técnico	59
7.9	Aplicación de los principios de transparencia, igualdad de trato, no discriminación y no falseamiento de la competencia	59
7.10	Resultado de la CPM	59
7.11	Protección de datos personales y confidencialidad	60
7.12	Derechos de propiedad intelectual.....	60
7.13	Contratación pública	61
8	RECOMENDACIONES FINALES.....	61
8.1	¿Por qué es conveniente aplicar los <i>smart contracts</i> a la contratación pública?	61
8.2	¿Por qué podemos considerar a <i>blockchain</i> y a los <i>smart contracts</i> una tecnología innovadora?.....	62
8.3	¿Por qué es el instrumento idóneo el uso de la compra pública precomercial para el caso de uso que hemos definido?	63
8.4	¿Qué implicaciones tiene la aplicación de <i>smart contracts</i> en la fase de ejecución de los contratos?	63
8.5	¿Cuáles son los principales riesgos que plantea el uso de la tecnología <i>blockchain</i> al supuesto?	64
9	BIBLIOGRAFÍA	65
9.1	Infografías	71

RESUMEN: El interés en la tecnología de cadena bloques y sus aplicaciones, a la par que su propia evolución, ha supuesto la irrupción de distintos formatos, como los contratos inteligentes. El objetivo del presente informe es entender el alcance de esta tecnología y analizar las distintas áreas del ámbito público que podrán verse beneficiadas de una forma real.

ABSTRACT: The interest in blockchain technology and its applications, as well as its own evolution, has led to the irruption of different formats, such as Smart contracts. The aim of this report is to understand the scope of this technology and to analyze the different areas of the public sphere that could benefit in a real way.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Estado de la cuestión

La conveniencia de explorar la aplicación de la tecnología *blockchain* al sector público y específicamente, a la contratación pública encuentra su justificación en factores de diversa naturaleza:

Por un lado, se enmarca en la política estratégica de innovación de la Unión Europea. En este sentido, el Libro Verde de la Contratación Pública en la Unión Europea¹ indica que la utilización de sistemas enteramente electrónicos en la fase de ejecución de los contratos permitirá responder mejor al reto de la constante evolución del sector de la contratación pública. Por otra parte, la importancia económica del sector público, por la gran cantidad de recursos que emplea, precisa de procedimientos ágiles, seguros y transparentes, que garanticen siempre el interés general y que constituyan una barrera contra la corrupción y las prácticas contrarias a la competencia.

En este contexto existen iniciativas de aplicación de la tecnología *blockchain*, que tiene como rasgos característicos la seguridad, la inmutabilidad y la descentralización. La importancia que la Unión otorga a esta tecnología se pone de manifiesto en el Observatorio y Foro Europeo de *Blockchain*, una iniciativa de la Comisión Europea para acelerar la innovación de *blockchain* y el desarrollo del ecosistema de *blockchain* dentro de la UE.

Algunos países de la Unión trabajan ya en su aplicación al sector público. Sirva como ejemplo el Gobierno Federal Alemán, que estudia actualmente si los sistemas de identidad digital basados en *blockchain*, al presentar ventajas frente a las soluciones existentes, pueden aplicarse en ámbitos como los registros administrativos, el voto electrónico, el asilo o la ayuda internacional a países en vías de desarrollo, y pasar a la vez el filtro de la exigente normativa europea en materia de protección de datos.²

En España, es la Comunidad Autónoma de Aragón la que más ha avanzado en la aplicación de esta tecnología en la contratación pública, utilizando la figura de los *smart contracts* para automatizar el procedimiento de contratación, garantizando así la

¹ Comisión Europea. (2011). *LIBRO VERDE sobre la modernización de la política de contratación pública de la UE*. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0015:FIN:ES:PDF>

² Wiese, L. (2021). The Use of Blockchain in Public Administration. *European Review of Digital Administration & Law. Erdal*. Vol. 2, (núm. 2), pp. 31-36. <https://www.erdalreview.eu/publicazioni/estratti/10.53136/97912599475294-the-use-of-blockchain-in-public-administration-estratto.html>

transparencia, la trazabilidad e integridad del proceso, a la vez que se usan los datos generados por el sistema para mejorar futuras licitaciones.

Al mismo tiempo, la implementación de soluciones tecnológicas en el sector público basadas en *blockchain* supone importantes retos e interrogantes jurídicos: se necesitan profesionales experimentados en criptografía y computación; hay que cambiar la mentalidad ciudadana; aclarar las dudas que se plantean sobre la naturaleza jurídica de los *smart contracts* y por último adaptar *blockchain* para que la gran cantidad de datos sensibles que puede soportar, cumpla los preceptos legales sobre protección de datos.

En suma, la *blockchain* aporta seguridad, capacidad de proceso y, por ello, rapidez, posibilidad de identificación digital, disponibilidad, transparencia, menores costes de implantación y mantenimiento e inmutabilidad de los registros, lo que la convierte en una tecnología potencialmente muy útil para dotar de transparencia y de capacidad de acción a los poderes públicos y luchar contra la corrupción³. Pero, al mismo tiempo, existen riesgos que no pueden ser obviados, pues nos encontramos ante una tecnología madura en lo esencial, pero susceptible aún de desarrollo, que se basa en la duplicación ineficiente de procesos, no optimiza el consumo energético como consecuencia de la descentralización, depende de la disponibilidad de red, y puede suscitar riesgos sobre protección de datos de carácter personal⁴.

1.2 Objeto de estudio e hipótesis de trabajo: identificación y aproximación al reto planteado

El objeto de estudio planteado en el presente Trabajo de Fin de Máster en Derecho de las Telecomunicaciones, Protección de Datos y Sociedad de la Información consiste en la elaboración de un informe de contenido práctico sobre la posible utilización de *blockchain* en la configuración de *smart contracts* en el ámbito público. Esto es, se trata de abordar en qué medida nuestra legislación vigente posibilita el desarrollo y despliegue de *smart contracts* dentro del sector público.

³ Group of States against Corruption (GRECO). (2019). *The opportunities and challenges of blockchain in the fight against government corruption*. <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:8LYkm8YCnvIJ:https://rm.coe.int/19th-general-activity-report-2018-group-of-states-against-corruption-g/1680951d14&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=es>

⁴ Tejedor Bielsa, J. (2021). Transformación digital, blockchain, inteligencia artificial. Referencias y experiencias en Aragón. *European Review of Digital Administration & Law*. ERDAL, vol. 2, (núm. 2), pp. 59-74. <https://www.erdalreview.eu/publicazioni/estratti/10.53136/97912599475298-transformacion-digital-blockchain-inteligencia-artificial-referencias-y-experiencias-en-aragon-estratto.html>

Con el fin de abordar nuestro objeto de estudio, desde un enfoque eminentemente práctico, se ha diseñado un supuesto ficticio consistente en que un Ayuntamiento formule una consulta preliminar al Mercado, antes de acudir a la compra pública precomercial de una solución tecnológica que permita la aplicación de los *smart contracts* a la ejecución de un contrato de servicios de transporte urbano de viajeros.

Nuestra hipótesis de partida es que es, por tanto, la existencia de una necesidad pública, la de aplicar los *smart contracts* a la fase de ejecución de los contratos públicos, y la falta de seguridad sobre si ésta puede satisfacerse con soluciones existentes. Ello determina la conveniencia de contar, antes de nada, con información procedente de los agentes económicos, que se obtiene mediante una consulta preliminar al Mercado, tal y como prevé el artículo 40 de la Directiva 2014/24/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 26 de febrero de 2014 sobre contratación pública, y 115 de la LCSP. Dicha consulta permitiría definir a la Administración contratante, en este caso un Ayuntamiento, las especificaciones técnicas que mejoren la definición y alcance de posibles proyectos a licitar para luego contratar la adquisición de la tecnología que permita aplicar *smarts contracts* a la ejecución de un contrato de servicios de transporte urbano de personas, verificando el cumplimiento de las prestaciones previstas en el mismo.

1.3 Metodología

Para abordar los objetivos y las hipótesis planteadas, así como el desarrollo del reto propuesto (automatización de la fase de ejecución de un contrato de servicios) se han manejado diversas fuentes de carácter normativo y doctrinal, así como recursos procedentes de la práctica administrativa.

En primer lugar, la aproximación al reto planteado en nuestro objeto de estudio ha exigido primeramente un análisis de los fundamentos técnicos de las tecnologías de registro distribuido y de los *smart contracts*. Se ha considerado necesario abordar esta cuestión previa y, de carácter netamente extra-jurídico, en la medida en que, para responder al objeto de estudio asignado, resulta necesario estudiar, con las limitaciones lógicas dentro de nuestro perfil jurídico, la viabilidad técnica de los *smart contracts* al reto propuesto. De hecho, prácticamente, toda la doctrina jurídica consultada, así como los expedientes de contratación analizados para el desarrollo del reto propuesto dedican parte de su análisis a identificar los fundamentos y atributos tecnológicos de *blockchain*. En este sentido, cabe destacar los trabajos de Cordero Valdavida (2019), De la Mata Muñoz (2020) y Bernal Blay (2018) entre otros.

En segundo lugar, se ha tratado de identificar la normativa europea y española de carácter sectorial que regula la tecnología *blockchain*. Cabe adelantar ya a este respecto, que el legislador se ha centrado en la regulación de cuestiones relacionadas con los mercados financieros y las criptoactivos, sin que exista actualmente normativa relevante respecto a su aplicación en otros ámbitos, y más particularmente, con incidencia en el sector público. Esto contrasta con las iniciativas legislativas que a nivel europeo y de los Estados miembros se están produciendo con otras tecnologías disruptivas, como sucede por ejemplo con la inteligencia artificial.⁵

En España, más allá de alguna iniciativa en el Congreso de Proposición No de Ley (PNL) excesivamente generalista o de las restricciones introducidas por el Real Decreto-ley 14/2019, de 31 de octubre, por el que se adoptan medidas urgentes por razones de seguridad pública en materia de administración digital, contratación del sector público y telecomunicaciones, con relación al uso de tecnologías de registro distribuido en sistemas de identificación y firma electrónica en el ámbito de la Administración pública.

Asimismo, cabe mencionar a nivel europeo la reciente propuesta de Ley de Datos donde se regulan los requisitos esenciales de los *smart contracts* para el intercambio de datos (solidez, resolución y suspensión seguras, archivo y continuidad de los datos, control de acceso) junto con las declaraciones UE de conformidad.⁶

En tercer lugar, la normativa de aplicación a la contratación pública contenida en la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014, se ha consultado con el fin de analizar la relación existente entre la vigente legislación de contratos públicos con la tecnología *blockchain*, así como de guía para el posterior planteamiento de la propuesta práctica.

⁵ A nivel europeo, véase, ejemplo, la Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establecen normas armonizadas en materia de inteligencia artificial (Ley de Inteligencia Artificial), COM(2021) 206 final, presentada el 21 de abril de 2021, y aún en fase de tramitación.

⁶ Véase Artículo 30 de la Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo sobre normas armonizadas para un acceso justo a los datos y su utilización (Ley de Datos). El futuro Reglamento pretende establecer las normas armonizadas sobre la puesta a disposición de los datos generados por el uso de un producto o servicio relacionado para el usuario de dicho producto o servicio (e.g. datos generados por IoT), sobre la puesta a disposición de datos por parte de los titulares de datos para los destinatarios de datos, y sobre la puesta a disposición de datos por parte de los titulares de datos para organismos del sector público o instituciones, organismos y órganos de la Unión, cuando exista una necesidad excepcional, para el desempeño de una misión realizada en interés público.

Dado que el reto planteado en este trabajo es la automatización de la ejecución de un contrato de servicios en el marco de un procedimiento de contratación, para la configuración de tal reto, ha resultado imprescindible el trabajo de Quintana Cortés (2020), quien ha analizado la posibilidad de incluir cláusulas autoejecutables mediante *smart contracts* en los contratos públicos para la automatización de las prestaciones en la fase de ejecución y, en particular, su eventual aplicabilidad a los contratos de transporte, como es el caso propuesto.

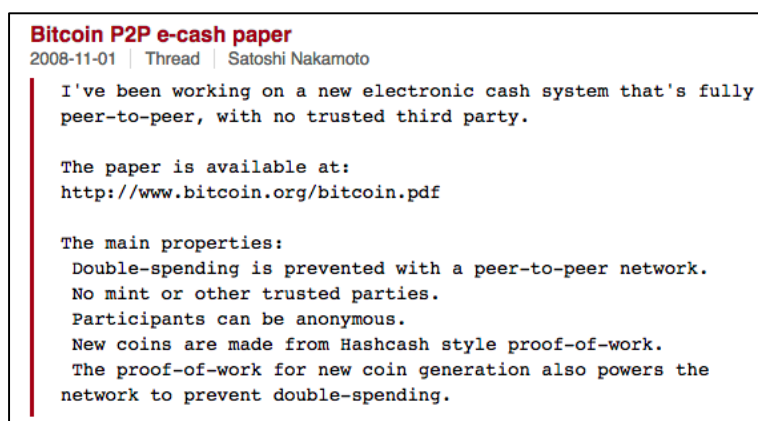
La Plataforma de Contratación del Sector Público se ha utilizado frecuentemente para la consulta de expedientes de contratación, particularmente los pliegos de cláusulas administrativas y de prescripciones técnicas de las licitaciones de contratos de servicios de desarrollo de soluciones basados en tecnología *blockchain*, así como otra documentación contractual, como pueden ser las memorias de justificación y necesidad de los contratos, o bases de convocatorias de consultas previas al mercado de compra pública de innovación.

En particular, se han consultado los pliegos correspondientes relativos al uso de *blockchain* en el registro de contratistas del Gobierno Vasco (Expediente EJIE-133-2017) y en el sistema de licitación electrónica del Gobierno de Aragón, se han consultado los expedientes de contratación accesibles en el perfil del contratante a través de la Plataforma de Contratación del Sector Público (Expedientes EJIE-133-2017 y HAP_SGT_5/2021, respectivamente).

Para la redacción de la consulta preliminar al mercado con que finaliza el trabajo, la Resolución del Director General del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial. E.P.E. (CDTI), de fecha 11/02/2020, de convocatoria de la consulta preliminar del mercado para conocer el grado de desarrollo de la tecnología en el ámbito de la computación inteligente distribuida (Expediente CPP 01/2020 AB (DCCPI/OCPI)), por la relación que guarda la misma con la consulta de este trabajo.

2. TECNOLOGÍA DE REGISTRO DISTRIBUIDO Y *BLOCKCHAIN*

En octubre de 2008, Satoshi Nakamoto, probablemente el pseudónimo de un individuo o grupo de individuos cuya identidad sigue siendo desconocida a día de hoy, publicó el *White paper*: “*Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*”⁷ en la web metzdownt.com. En él se describía el funcionamiento de un sistema de pago descentralizado basado en una moneda digital. Unos meses más tarde, la red Bitcoin nació tras llevarse a cabo el minado del primer bloque (*the genesis block*⁸), o bloque 0, por el que se obtuvo una recompensa de 50 bitcoins.



Fuente: LatAmTech Innovación Financiera (2021)

Aunque en su origen la tecnología *blockchain* fuese ideada exclusivamente para dar funcionamiento a bitcoin, se han encontrado muchos otros usos para esta tecnología, como veremos más adelante.

Dicho lo anterior, resulta necesario definir qué entendemos por *blockchain* o cadena de bloques. Según Santiago Moreno, la *blockchain* se define como “una base de datos basada en la tecnología de contabilidad distribuida y que está protegida criptográficamente, organizada en bloques de transacciones relacionados entre sí matemáticamente utilizando la criptografía y que se halla distribuida entre diferentes participantes, lo que significa que una copia de la misma estructura de información es alojada y mantenida por muchos dispositivos que no están sujetos a ningún control central. Esta base de datos soporta una lista creciente de registros ordenados llamados bloques. Cada bloque tiene una marca de tiempo y un vínculo con el bloque que le antecede. Resumiendo, una cadena de bloques está formada por una serie consecutiva de

⁷ Nakamoto, S. (2018). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.

⁸ Bitcoinwebhosting. (s.f). *History of Bitcoin*. <http://historyofbitcoin.org/>

bloques ordenados cronológicamente que contienen transacciones. También contienen el hash (huella dactilar digital de la información) del bloque anterior, este hash vincula cada bloque al siguiente formándose una cadena”.⁹

2.1 Funcionamiento y caracterización

Hasta la irrupción de la *blockchain*, las transacciones entre partes siempre habían necesitado de un intermediario o tercero de confianza que ejecutase las transacciones respetando las características acordadas. Estos terceros podían ser el Estado, una entidad financiera, un notario o cualquier otra institución de supervisión. Gracias a esta nueva tecnología, se puede garantizar la autenticidad de las transacciones sin necesidad de intermediarios a través de protocolos informáticos.¹⁰

Esto se consigue gracias a que toda esa información es controlada por mucho usuarios o nodos, que dispondrán de una copia exacta de los diferentes bloques que integren la cadena, es decir de la base de datos digital. De esta forma, cada nodo tendrá acceso al contenido del registro sin tener que fiarse de un tercero. Todos esos nodos o usuarios serán capaces de determinar si las operaciones planteadas por el resto de los usuarios de la red pueden realizarse o no. Esto significa que todas las transacciones son aprobadas y validadas por los propios nodos, que llevarán a cabo estas aprobaciones por medio de consenso entre la mayoría.¹¹

Cada transacción producida en la red se inserta en bloques, que no son más que «paquetes» con la información sobre las últimas transacciones realizadas en un determinado periodo de tiempo que se van añadiendo de forma sucesiva al libro registro en la red. Los bloques se identifican por medio del *hash*, que es la función algorítmica que emite una dirección alfanumérica que resume y protege la información insertada a través de una entrada. Sirven también para garantizar la inmutabilidad de una unidad de información, ocultar una contraseña o servir como firma digital¹². Es decir, es el número

⁹ Santiago Moreno, I. (2019). *La nueva economía Blockchain y criptomonedas en 100 preguntas*. Nowtilus. pp. 151.

¹⁰ De la Mata Muñoz, A. (2020). Fundamentos de Blockchain. *Blockchain Intelligence*, 16, pp. 1-22. https://blockchainintelligence.es/wp-content/uploads/2020/10/Articulo-doctrinal_Fundamentos-Blockchain_Almodena-de-la-Mata.pdf

¹¹ Porxas Roig, N. y Conejero, M. (2018). Tecnología blockchain: funcionamiento, aplicaciones y retos jurídicos relacionados. *Actualidad jurídica Uría Menéndez*. n° 48, pp. 24-36. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6635980&orden=0&info=link>

¹² Criptotendencias. (s.f). hash. En *Glosario de criptomonedas, bitcoin y blockchain*. 2022, de <https://www.criptotendencias.com/base-de-conocimiento/glosario-de-terminos-criptomonedas/#:~:text=Hash%3A%20Funci%C3%B3n%20algor%C3%ADmica%20que%20emite%20una%20direcci%C3%B3n%20alfanum%C3%A9rica.T%C3%A9rminos%20usados%20para%20la%20medici%C3%B3n%20de%20Hash%20Rate%3A>

de identificación de cada bloque independiente, que a su vez sirve para conectar cada bloque con el anterior; de manera que, si cambia el contenido del bloque, cambiará automáticamente el número de *hash*, otorgando gran seguridad a toda la cadena.¹³

El siguiente diagrama refleja de forma sencilla lo explicado en este punto.



Fuente: Mr Houston Tech Solutions. (2021).

1. Para que Pedro pueda realizar dicha transferencia a María, previamente habrá tenido que descargar el *software* correspondiente para acceder a la red *blockchain* concreta, obtener las claves que servirán para firmar y descryptar los mensajes enviados y crear una cuenta en un monedero virtual (*wallet*).
3. Los nodos validadores recibirán el mensaje encriptado y verificarán que la proposición ha sido efectivamente enviada, que el usuario dispone de la cantidad de dinero que quiere enviar y que el usuario de María existe.
4. Si todo es correcto, los nodos calcularán el *hash* y verificarán la transacción.
5. La transacción será añadida al bloque incluyendo: el *hash* previo, el *hash* raíz, el sello temporal del bloque y el *hash* del propio bloque.

A la vista del caso práctico visto, se desprenden los siguientes principios caracterizadores de la cadena de bloques: la transparencia, la inmutabilidad y la irrevocabilidad.

a) Transparencia. Todos los usuarios tienen acceso al libro registro de la red, lo que implica que también tienen acceso a la información sobre todas las transacciones efectuadas. Incluso en determinados tipos de redes, los usuarios que no forman parte de

¹³ Cuesta Galdón, L. (2019). *Informe jurídico sobre la realización de un Smart contract a una empresa de renting de vehículos electrónicos* [Trabajo Fin de Master, Universidad Carlos III de Madrid]. E-Archivo. <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/29377>.

las mismas también pueden consultar el contenido de la *blockchain* (Bitcoin, Ethereum).¹⁴

No obstante, esta transparencia no implica que podamos conocer la identidad de quienes han realizado las transacciones. Algunos tipos de redes no requieren de la identificación de sus usuarios para poder operar en ellas, lo que permite la realización de transacciones vinculadas a un código.

b) Inmutabilidad. El encadenamiento sucesivo de bloques a través de la criptografía (*hash*) deviene inmutable, ya que, si un nodo decidiese modificar el contenido de la cadena de bloques alterando una transacción ya realizada e incluida en un bloque, provocaría la variación de su versión del libro registro y a su vez, una alteración que sería fácilmente identificable por el resto de nodos. Es decir, el resto de nodos del sistema podrán denegar el registro de cualquier otra nueva transacción que pretenda incluir este nodo, pues esta no coincidirá con el contenido del libro registro que tengan.

c) Irrevocabilidad. Salvo ciertas excepciones, una vez la información es incorporada a la red no es posible eliminarla de allí. Esto se debe a que, desde el momento de su incorporación, la información es poseída por todos los usuarios que forman parte de la red, distribuyéndose automáticamente a todos y a cada uno de los nodos que intervienen en la red, lo que hace que sea casi imposible eliminarla.

2.2 Tipología de cadenas de bloques

La creación de la primera *blockchain* incorporaba ciertas características específicas, a saber, que (i) se trataba de una red pública, en el sentido de que cualquier persona ajena a la red podía acceder a la misma; (ii) se trataba de una red descentralizada y pseudónima, donde no es necesario identificarse para participar, bastando con el uso de claves pública y privada.¹⁵

Ahora bien, con posterioridad a esta *blockchain* inicial se han venido desarrollando distintas redes con diferentes requisitos y características. Así, actualmente podemos encontrar las “*blockchains* públicas”, las “*blockchains* privadas” y las “*blockchains* públicas permissionadas”.¹⁶

¹⁴ Porxas Roig, N. y Conejero, M. (2018). Op. cit. pp. 24-36.

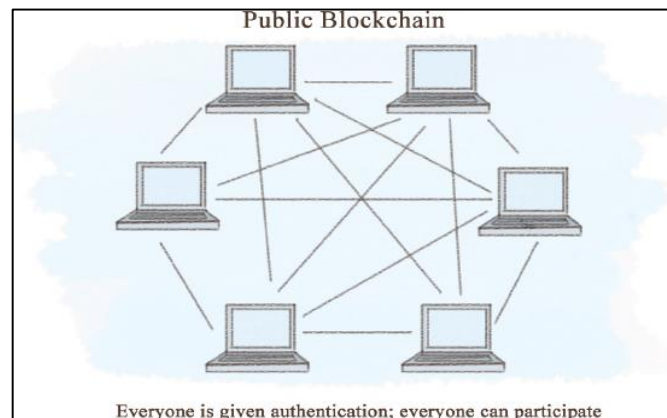
¹⁵ Dolader Retamal, C., Bel Roig, J. y Muñoz Tapia, J.L., (2017). La blockchain: fundamentos, aplicaciones y relación con otras tecnologías disruptivas. *Economía industrial*, nº 405, 33-40.

¹⁶ De la Mata Muñoz, A. (2020), Op. cit., pp. 1-22.

2.2.1 *Blockchains* públicas

Este tipo de redes no exige a los usuarios ningún tipo de requisito para unirse a ellas, ni hay jerarquía entre los nodos (descentralización), por lo que todos pueden ser nodos validadores si lo desean. También se caracterizan por ser pseudo-anónimas, lo que significa que los nodos que realizan transacciones no son directamente identificables, pero si pueden ser rastreadas sus direcciones IP.¹⁷ Al no requerir de permiso para poder acceder o participar en las mismas, estas redes reciben el calificativo de *permissionless*.¹⁸

Es importante señalar que para conseguir que el sistema funcione sin controles, de forma descentralizada y sin que se produzca ningún tipo de fraude, algunos participantes en la red (nodos validadores) deben realizar el trabajo de validación mediante la resolución de un conjunto de problemas criptográficos previos a la incorporación de la transacción a un nuevo bloque de la cadena. Este trabajo de validación supone unos elevados costes energéticos para los nodos validadores, los cuales reciben en contraprestación unos incentivos económicos por ser los primeros en resolver el problema criptográfico. A estos nodos validadores también se les conoce como *mineros* y la acción que realizan como *minar* o *minería*. *Bitcoin*, *Litecoin* o *Ethereum* son algunos ejemplos de redes *blockchains* públicas.



Fuente: Xu, M. Tian, Y. and Li, J. (2018).

2.2.2 *Blockchains* privadas

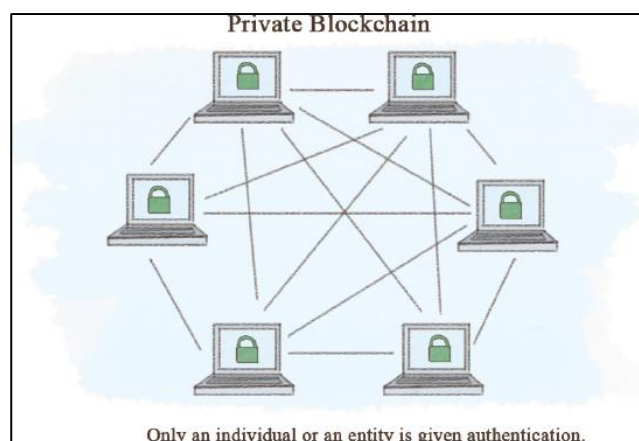
Son aquellas redes en las que la participación es definida entre los miembros o creadores de forma privada y, por ende, son un grupo limitado de sujetos los que

¹⁷ Martín Meneses, A. (2021). *BLOCKCHAIN: aplicación en el Registro de la Propiedad e implicaciones en materia probatoria*. [Facultad de Derecho de la Universidad de la Laguna].

¹⁸ Fetsyak, I. (2020). *Contratos inteligentes: análisis jurídico desde el marco legal español*, REDUR 18, págs. 197-236. Universidad de La Rioja.

conservan el poder de acceder, verificar y añadir transacciones al libro registro. Así mismo, el acceso a estas redes exige el cumplimiento de determinados requisitos por parte de aquellos usuarios que desean incorporarse a la misma, pudiendo existir jerarquía entre los nodos/usuarios, de modo que ya no todos los participantes tienen la facultad de validar las transacciones.

Los encargados de la validación reciben el nombre de nodos de confianza. Una de las principales ventajas de este tipo de redes es que los costes de la transacción son bastante más reducidos que en las públicas: al ser validadas por los nodos de confianza, estos no necesitan ningún incentivo para la realización de esta tarea, por lo que los *mineros* carecen de importancia en este tipo de red. También es importante destacar que el proceso de validación es más rápido que en las redes públicas, además de suponer un menor gasto energético. Por todo lo anterior, este tipo de redes reciben el calificativo de *permissioned*.¹⁹



Fuente: Xu, M. Tian, Y. and Li, J. (2018)

2.2.3 *Blockchains* híbridas

El acceso a este tipo de redes es privado, y está controlado por una o varias entidades. No obstante, el libro contable es accesible de forma pública, lo que permite a cualquier usuario explorar los bloques que conforman la red.²⁰ Es decir, se trata de una red privada o permissionada que guarda las referencias de cada bloque en una *blockchain* pública. Este tipo de redes son ideales para empresas u organizaciones pues permiten

¹⁹ Xu, M. Tian, Y. and Li, J. (2018) *Blockchain. An Illustrated Guidebook to Understanding Blockchain*. Skyhorse Publishing.

²⁰ (S.A). (s.f). Cuantos tipos de blockchain existen. *BIT2ME ACADEMY*. <https://academy.bit2me.com/cuantos-tipos-de-blockchain-hay/>

trabajar en un ecosistema cerrado donde no es posible que filtre información. Un ejemplo de red híbrida es el proyecto *hyperledger*.²¹

2.3 Aplicaciones de *blockchain* en el sector público

La utilización de *blockchain* está siendo objeto de implementación en multitud de sectores y aplicaciones que generalmente, cumplen con las siguientes condiciones: (i) requieren del almacenamiento de los datos; (ii) precisan un acceso compartido a estos datos entre diferentes partes; (iii) no existe necesariamente una confianza mutua entre las partes e incluso ni se conocen.

En particular el sector público tiene ante sí un gran reto o una gran oportunidad, según se mire. En este sentido, las Administraciones públicas se ven sujetas a más presiones debido al gran número de funciones que tienen encomendadas: implementar políticas, ofrecer nuevos servicios, recaudar impuestos... También, por su condición de sujeto público se les exige mayor transparencia, agilidad y apertura de cara a facilitar la participación de la ciudadanía en sus procesos. Por otro lado, las Administraciones públicas siempre han almacenado y custodiado información relativa a los ciudadanos, organizaciones y activos, convirtiéndose muchos de esos datos en datos públicos o abiertos los cuales deben ser confiables. Estos datos no están exentos de ataques que pueden llevar a su alteración o manipulación; aunque, como ya reflejamos con anterioridad, dicha vulnerabilidad supone una gran oportunidad para crear nuevos sistemas seguros que garanticen la confianza en los mismos.²²

En este contexto, *blockchain* es una de las nuevas tecnologías disruptivas que puede tener un mayor impacto en las Administraciones públicas. Ello es debido principalmente a los elementos que caracterizan esta tecnología, a saber: la confianza que generan, la forma en la que contribuyen a garantizar la transparencia y el ahorro de costes que puede suponer para la Administración. Es decir, posee el potencial para contribuir de una forma útil a garantizar la transparencia, seguridad y eficiencia de los servicios públicos existentes. Asimismo, por sus características intrínsecas, la *blockchain* puede resultar una herramienta útil para combatir uno de los grandes problemas de los que adolece la Administración pública: la corrupción. Todo esto, en definitiva, unido a la

²¹ (S.A). Hiperledger Foundation (s.f.). <https://www.hyperledger.org/>.

²² Cordero Valdavida, M. (2019). Blockchain en el sector público, una perspectiva internacional. *Revista Vasca de Gestión de Personas y Organizaciones Públicas*, (nº16), pp. 16-34.

posibilidad de mejorar la interoperabilidad entre los distintos departamentos, permite recuperar cierta confianza en los gobiernos y Administraciones públicas.²³

Según la encuesta realizada ya hace 5 años por la Asociación Australiana de Normalización, Standards Australia, puede apreciarse cómo la mayoría de aplicaciones de *blockchain* preferidas por los encuestados se refieren a casos de uso para mejorar la eficiencia y el acceso a los servicios prestados por la Administración.²⁴

Casos de uso en Sector Público	Valoración ciudadana
Transacciones inmobiliarias y Registro de la Propiedad	72%
Identificación Personal y Pasaporte	68,9%
Gestión del historial médico	65,6%
Registro de Vehículos	54,1%
Asistencia y seguimiento del bienestar social	37,7%
Planeamiento y movilidad urbanas	21,3%
Gestión de horarios del transporte público	16,4%

Fuente: elaboración propia a partir de Australian Standards (2017).

En España, por ejemplo, en el año 2018 el Grupo Parlamentario del Partido Popular registro en el Congreso de los Diputados una proposición no de ley (en adelante PNL) instando al gobierno a introducir tecnología *blockchain* en la Administración Pública. Dicha iniciativa afirmaba que la introducción de la tecnología en las concesiones administrativas, contratación o procesos internos proporcionaría un mayor control, trazabilidad y transparencia al proceso.²⁵ No obstante, dicha PNL pese a sus buenas intenciones, trataba de una forma tan superficial el potencial del *blockchain* para mejorar la actividad de la Administración. En palabras de Bernal Blay: "... los términos de esta PNL son tan genéricos que, sustituyendo *blockchain* por cualquier otro concepto tecnológico, podríamos mantener invariable el resto del texto y serviría como documento «reutilizable»".²⁶ Es decir, que debería apostarse por un planteamiento más exhaustivo,

²³ *Ibidem*, pp. 16-34.

²⁴ Meguerditchian, V. (2017). *Roadmap for Blockchain Standards*, Standards Australia, pp. 12. https://www.standards.org.au/getmedia/ad5d74db-8da9-4685-b171-90142ee0a2e1/Roadmap_for_Blockchain_Standards_report.pdf.aspx.

²⁵ Grupo Parlamentario Popular. *Proposición no de Ley sobre la introducción de tecnología Blockchain en la Administración Pública en España* (161/003428). BOCG. Núm. D-382, de 03 de julio de 2018, p. 62.

²⁶ Bernal Blay, M.A. (2018). *Blockchain, Administración y contratación pública. ObCP: Observatorio de contratación pública*. <https://www.obcp.es/opiniones/blockchain-administracion-y-contratacion-publica>.

que estudie el rediseño de los procedimientos para implementar la tecnología con las máximas garantías jurídicas y teniendo en cuenta las modificaciones legislativas que probablemente demandase.

Ahora bien, se deben guardar ciertas cautelas al respecto, pues si bien las Administraciones públicas no deban quedarse descolgadas de este fenómeno, a día de hoy aún resulta difícil precisar de manera clara el impacto real de esta tecnología.

De hecho, algunos autores han comparado el fenómeno *blockchain* con lo que los expertos en marketing denominan *hype*, la técnica basada en la exageración del producto hasta conseguir que los consumidores deseen comprarlo.²⁷ Concluyen, por tanto, que pudiese tratarse tan solo de una moda, dado que en el ámbito de las Administraciones públicas resulta difícil encontrar proyectos consolidados que apliquen esta tecnología más allá de meras declaraciones o experimentos.²⁸ En este punto es importante tener en cuenta que las instituciones públicas no se impregnan tan fácilmente de las innovaciones tecnológicas como otros sectores.

Por otro lado, resulta adecuado recordar que la red *blockchain* no es la solución a todos los problemas, y es que, en ocasiones, en vez de hacer uso de ella para solucionar problemas existentes, se buscan nuevos o se crean para poder aplicarla.²⁹

Por último, otro motivo para ser cauteloso es que en el ámbito administrativo las soluciones basadas en *blockchain* deben respetar las disposiciones en materia de procedimiento, lo cual no siempre es una tarea sencilla.³⁰

2.3.1 Registro público de títulos o activos

Gracias al sellado temporal, la imposibilidad de modificar el mismo y su capacidad de verificación, el registro de un título académico o activo es una de las funciones estrella de la red *blockchain*.

Ya en 2018 varias instituciones académicas como la Universidad de la Rioja, el Instituto Superior para el Desarrollo de Internet o la misma Universidad Carlos III de

²⁷ García Melián, J.C. (2019). Blockchain y contratación pública estratégica. *Contratación Administrativa. Práctica* n.º 159, pp. 6.

²⁸ Quintana Cortés, J.L. (2020). La tecnología blockchain y su pretendida aplicación a la contratación pública como mecanismo para lograr mayor integridad. *Revista Española de Control Externo*, vol. XXII, n.º 64, pp. 152-173. <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/7776793.pdf>

²⁹ Collins, A. (2017). *Four reasons to question the hype around blockchain*. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2017/07/four-reasons-to-question-the-hype-around-blockchain>

³⁰ García Melián, Op. cit., pp. 6.

Madrid comenzaron a emitir sus títulos a través de esta tecnología.³¹ Su funcionamiento es sencillo, cuando un alumno completa algún programa educativo se hace acreedor de una insignia por parte de la institución, consistente en una credencial de *blockchain*, la cual es *hasheada* en la cadena de bloques. De esta forma, el alumno podrá compartir dicha credencial con el empleador o en las redes sociales.³² Así mismo, la cadena de bloques podría ser utilizada para llevar a cabo cualquier tipo de registro; empresas, automóviles...

En el caso de Estonia, se trata del primer país europeo en hacer uso de esta tecnología en su registro de sucesiones. Estonia también cuenta con un registro e-salud que permite la emisión de recetas electrónicas y publica toda su legislación en *blockchain*. Recientemente, la Oficina de Patentes de Estonia se incorporó al Registro de Propiedad Intelectual basado en tecnología *blockchain*.³³

Por ejemplo, en Ghana ya se cuenta con un servicio de acreditación y registro de las propiedades a través de *blockchain* o un registro de la cadena de suministro del cacao en *blockchain*. Gracias a la cadena de bloques, el registro de propiedades en dicho país se puede llevar a cabo de una forma válida y creíble, otorgando validez legal a dichos registros.³⁴

Uno de los primeros casos de éxito es el registro de la propiedad basado en cadena de bloques desarrollado por la empresa Bitfury en el año 2016 en Georgia, convirtiéndose en el primer proyecto de este calado realizado en el territorio europeo.³⁵

En el plano internacional, son diversos los países que han comenzado a hacer uso de la red *blockchain* en sus registros de la propiedad, con el fin de simplificar y fortalecer la seguridad de la transferencia de propiedades y de procesos hipotecarios, a considerar Georgia, Suecia, Emiratos Árabes Unidos, - en especial, la ciudad de Dubai con su proyecto Smart Dubai-³⁶ o Reino Unido y su registro de la propiedad (*HR Land Registry*),

³¹ Viewnext (2019). Blockchain y verificación de títulos universitarios. <https://www.viewnext.com/blockchain-y-verificacion-de-titulos-universitarios/>

³² Merchan, M. (2019). Cómo funciona la emisión de títulos y diplomas en blockchain. *DiGital ReVolution*. <https://digitalrevolution.info/2019/04/16/como-funciona-la-emision-de-titulos-y-diplomas-en-blockchain/>

³³ Oficina de Propiedad Intelectual de la Unión Europea (2022). *Estonia se ha incorporado al Registro de PI basado en la cadena de bloques*. <https://euipo.europa.eu/ohimportal/es/news/-/action/view/9311634>

³⁴ The Valley. (2017). Blockchain revoluciona Ghana. <https://thevalley.es/blog/blogblockchain-revoluciona-ghana/>

³⁵ Bitfury Exonum (2020). *Improving the security of a government land registry*. <https://exonum.com/story-georgia>

³⁶ Smart Dubai. (s.f). *Dubai Blockchain Strategy*. Government of Dubai. <https://theblockchaintest.com/uploads/resources/Smart%20Dubai%20-%20Dubai%20Blockchain%20Strategy%20.pdf>.

que gracias al uso de los *smart contracts* ha permitido la automatización de pagos y el cambio de titular de los inmuebles en el registro de la propiedad.³⁷

En el plano nacional, lo único reseñable en cuanto a esfuerzo por parte de las Administraciones públicas para implementar la tecnología *blockchain*, es la alianza entre el Registro de la Propiedad y la asociación Alastria³⁸. No obstante, a día de hoy no se han producido grandes avances en este proyecto.

2.3.2 Sistemas de identificación y voto electrónico

La identificación del ciudadano resulta imprescindible para las Administraciones públicas a la hora de poder ofrecer servicios a los ciudadanos, empresas y asociaciones. Desde algunos países se han venido desarrollando algunos sistemas de identificación digital basados en la cadena de bloques.

En Suiza, Finlandia o Dinamarca han desarrollado distintas aplicaciones en sus sectores públicos de identificación de residentes y voto electrónico; o la identificación de refugiados en campamentos. En particular, la idea de facilitar un servicio que pudiese facilitar el votar de forma fácil y segura desde cualquier sitio a través de un dispositivo móvil supondría un verdadero desarrollo para la democracia participativa. Ahora bien, si hay una aplicación de la red *blockchain* que precisa de una confianza absoluta, este es el voto electrónico, dado que representa un cambio de mentalidad: pasar de confiar en la autoridad electoral a creer en una serie de protocolos y algoritmos.³⁹

Su funcionamiento consistiría en lo siguiente: un elector se registra en una plataforma de voto, obteniendo una clave privada; mediante dicha clave el elector podría emitir un voto electrónico. El riesgo radica en que la pérdida o robo de dicha clave implicaría no poder ejercer dicho voto o que alguien lo ejerciese por nosotros suplantando nuestra identidad. A través de una red pública como la de Bitcoin, todos los votos podrían ser registrados, garantizando su privacidad.⁴⁰

España, sin embargo, se ha mostrado de momento cautelosa a la hora de utilizar *blockchain* como instrumento de identificación digital en los sistemas de información de

³⁷ Barreda García, P.J. (2020). *Blockchain y tokenización para la inversión inmobiliaria en España* [Trabajo Fin de Grado, Universidad Politécnica de Madrid].

³⁸ Registradores de España. (5 de abril, 2018). Los registradores y el consorcio Alastria explorarán las posibilidades de la tecnología blockchain. *Registradores de España*. <https://www.registradores.org/-/los-registradores-y-el-consorcio-alastria-explorara-n-las-posibilidades-de-la-tecnologia-a-blockchain>

³⁹ Cordero Valdavida, Op. cit., pp. 24.

⁴⁰ González Pellicer, P. (2022). Voto electrónico y blockchain. ¿Una tecnología fiable para la democracia? *La Vanguardia*. <https://stories.lavanguardia.com/tecnologia/20220512/52385/voto-electronico-blockchain-seguridad>

las Administraciones. En particular, el Real Decreto-ley 14/2019, de 31 de octubre, por el que se adoptan medidas urgentes por razones de seguridad pública en materia de administración digital, contratación del sector público y telecomunicaciones (en adelante, RD-Ley 14-2019), añadió a la Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones públicas (en adelante, LPACAP) la Disposición Adicional Sexta que dispuso que en las relaciones de los interesados con las Administraciones públicas no serán admisibles en ningún caso y, por lo tanto, no podrán ser autorizados, los sistemas de identificaciones basados en tecnologías de registro distribuido, es decir, en *blockchain*, y los sistemas de firma basados en los anteriores, en tanto que no sean objeto de regulación específica por el Estado en el marco del Derecho de la Unión Europea. Asimismo, en su segundo apartado, la disposición establece que, en todo caso, cualquier sistema de identificación basado en tecnología de registro distribuido que prevea la legislación estatal deberá contemplar asimismo que la Administración General del Estado actuará como autoridad intermedia que ejercerá las funciones que corresponda para garantizar la seguridad pública.

Es importante aclarar que dichas restricciones impuestas por razones de seguridad aunque no suponen una prohibición general, sino una restricción provisional hasta que no haya una regulación de carácter estatal o europeo que haga frente a las debilidades que puede acarrear su uso⁴¹, sí ponen de manifiesto la cautela con la que los poderes públicos abordan esta cuestión, como se indica al analizar la inseguridad jurídica que la tecnología *blockchain* genera, sobre todo en relación a la protección de datos de carácter personal.

2.3.3 Asistencia y gestión sanitaria

Indudablemente, el sector de la salud y, particularmente, la sanidad pública, puede ser uno de los ámbitos donde más pueden verse mejoradas sus prestaciones gracias al potencial que se le presume a la tecnología *blockchain*.

Para que se pueda producir un desarrollo y penetración real de *blockchain* en esta área, los actores más relevantes del sector (pacientes, médicos, farmacias) deben adherirse y dar un paso adelante en esa dirección.⁴² Con este fin, han sido numerosos los estudios que han tratado de analizar, a través de diversas encuestas y consultas, las aplicaciones

⁴¹ Quintana Cortés (2020), Op. cit., pp. 166.

⁴² Tamés Llana, A., (2018). Blockchain: La disrupción del rol del paciente en el ámbito de la salud. *I+S: Revista de la Sociedad Española de Informática y Salud*, nº128, pp. 8-11. <https://seis.es/revista-no-128/>.

prácticas de *blockchain* para la salud, las limitaciones existentes y las áreas de investigación futura.

Si bien es cierto que buena parte de estos casos de uso se han desarrollado en el ámbito del sector privado, su potencial aplicación en el sector público sanitario debe ser destacada.

Así, algunos de los casos de uso de la red *blockchain* en el sector sanitario son:

- (i) *Historial médico/clínico electrónico del paciente.* Las propiedades de la red *blockchain* (descentralización, inmutabilidad, fiabilidad...) hacen de ella un medio idóneo para el almacenamiento y gestión de los historiales clínicos. De hecho, su uso convertiría al paciente en el propietario y custodio de la información; autorizando el registro de información certificada y validada, gestionando el acceso y la cesión de la información del historial a cualquier otro centro o consorcio de la red, disponiendo de un repositorio de información asociada a su salud y facilitando la extensión del registro de estos datos.⁴³ Algunos casos de éxito son la empresa *Guardtime*, que almacena más de un millón de historiales clínicos de pacientes en Estonia a través de la red *blockchain*, o la *Gem Health Network* (GHN), un proyecto desarrollado por la empresa americana *Gem*, que utiliza el servicio *Ethereum* para que diferentes profesionales de la salud tenga acceso a los mismos datos.⁴⁴ En el caso de Estonia, cuenta con un registro e-salud que permite la emisión de recetas electrónicas que va asociada al historial médico del paciente.
- (ii) *Cadena de suministro de medicamentos.* La gestión de suministros es uno de los sectores más beneficiados del uso de la red *blockchain*. En este caso concreto, analizaremos el de los fármacos y medicamentos. En el sector farmacéutico, la entrega de medicamentos falsos o de mala calidad puede tener consecuencias nefastas e incluso mortales para los pacientes, sin embargo, no por ello deja de ser un problema recurrente en el sector. En este contexto, empresas como *Nuco*, *HealthChainRx* y *Scalamed* están trabajando en conseguir detectar el fraude en el suministro de medicamentos a través de *blockchain*. La idea básica consiste en registrar en la red cada transacción relativa a la prescripción de medicamentos, de

⁴³ *Idem.*

⁴⁴ C, Agbo, C., Mahmoud, Q.H. y Mikael Eklund, J. (2019). *Blockchain Technology in Healthcare: A Systematic Review*. Instituto Tecnológico de la Universidad de Ontario, pp. 1-30. <https://www.mdpi.com/2227-9032/7/2/56>

forma que todas las partes interesadas (fabricantes, médicos, distribuidores, pacientes y farmacéuticos) puedan detectar si se produce cualquier alteración o modificación respecto a la prescripción registrada inicialmente. *Modum.io AG* es otra *startup* dedicada a registrar la temperatura de los productos farmacéuticos durante su transporte en la red *blockchain*, de forma que pueda llevarse a cabo un control de la misma.

- (iii) *Investigación biomédica*. Las características inherentes de la red permiten la eliminación de datos erróneos o indeseables a la hora de realizar una investigación clínica. Del mismo modo, la codificación de los datos facilita la anonimización de los pacientes a la hora de prestar sus historiales para la realización de ensayos clínicos. Por último, la inmutabilidad inherente a *blockchain* certifica la integridad de todos los datos recogidos a la hora de llevar a cabo investigaciones.
- (iv) *Monitorización remota de pacientes*. La monitorización a distancia de pacientes consiste en recopilar datos sanitarios a través de sensores corporales (o dispositivos IoT) y aplicaciones móviles para poder analizar a distancia el estado del paciente, sin necesidad de acudir a los centros sanitarios convencionales. En este contexto, *blockchain* se postula como una tecnología capaz de preservar, compartir y recuperar todos aquellos datos biomédicos recogidos a distancia. Sirvan como ejemplo los proyectos de *Griggs*, *Liang* o *SMEAD*, un servicio destinado específicamente a la monitorización de pacientes con diabetes.⁴⁵
- (v) Otras utilidades de *blockchain* en el sector sanitario, aunque aún en fase de desarrollo, son los seguros y el análisis de datos.

En España, la última PNL presentada por el Grupo Parlamentario Popular en 2021, ha planteado el establecimiento de un régimen jurídico general de la tecnología de *blockchain* que incluya, entre otras, medidas concretas en el ámbito sanitario. En particular, se insta, por un lado, a que los centros sanitarios puedan usar la tecnología *blockchain* con el fin de ofrecer una mayor trazabilidad en las decisiones y procesos médico-hospitalarios, así como en las gestiones de equipos hospitalarios valiosos o de expedientes médicos que impliquen decisiones de diferentes especialistas, siendo el paciente el que decida a quien permite el acceso. Por otro, se plantea la posibilidad de garantizar la autenticidad de medicamentos, mediante el establecimiento de tecnología *blockchain* en los centros farmacéuticos que registre y garantice el seguimiento, desde

⁴⁵ *Idem*. pp. 21.

que el fármaco se crea en el laboratorio hasta que llega al consumidor final. En este sentido, el Sistema Español de Verificación de Medicamentos (SEVeM), puesto en marcha en 2019 bajo la supervisión de la Agencia Española del Medicamento y de Productos Sanitarios, cuyo objetivo es prevenir la entrada de medicamentos falsificados en la cadena de suministro legal, y de aplicación a todos los agentes de la cadena de valor del medicamento (fabricantes, distribuidores y farmacéuticos), podría beneficiarse de la implementación de *blockchain*.⁴⁶

Asimismo, la tecnología *blockchain* tiene un gran potencial para mejorar la interoperabilidad y seguridad de muchos procesos dentro de la informática sanitaria.⁴⁷ De hecho, la documentación de datos en un registro descentralizado permanente permite reducir los retrasos, costes y errores humanos significativamente. Se trata sin duda, de una oportunidad única tanto para el sector público como privado, desde el punto de vista sanitario, económico y en términos de eficiencia.⁴⁸

2.3.4 Gestión de impuestos

El Impuesto al Valor Añadido (IVA) constituye una importante fuente de ingresos para los Estados miembros y la Unión Europea, pero al tratarse de un impuesto autodeclarable plantea problemas de defraudación. Además, el control a posteriori es costoso y lento, siendo examinada tan sólo una pequeña parte.⁴⁹

En este contexto, una compañía de los Países Bajos comenzó a desarrollar un sistema basado en una *blockchain* permissionada que generase a través de un software informes en tiempo real para el registro de facturas y declarar el IVA. El uso de estos informes reduciría el tiempo de detección del fraude porque permitiría identificar los datos disponibles de manera oportuna, garantizando a su vez la autenticidad de dichos datos registrados.⁵⁰

⁴⁶ Grupo Parlamentario Popular. *Proposición no de Ley sobre la utilización de Blockchain* (161/002636). BOGC. Núm. D-284, de 2 de junio de 2021, pp. 98-99.

⁴⁷ Ramos Naveira, M., Barros Castro, J., Carrajo García, L. y Vázquez González, G., (2019). Sistema de Intercambio de Información Clínica basado en Blockchain. *¿Quimera o realidad?*, nº128, 32-34.

⁴⁸ González Hernández, M. R., Hidalgo Céspedes, J. F., Aparicio García, C., Sánchez Nanclares, G. (2019). Blockchain, una oportunidad tecnológica para el Sector Salud. *¿Quimera o realidad?*, nº128, pp 38-40.

⁴⁹ Cordero Valdavida (2019). Op. cit. pp. 10.

⁵⁰ Collosa, A. (2021). ¿Blockchain para mejorar la Recaudación del IVA? – Parte 2. *Centro Interamericano de Administraciones Tributarias. CIAT*. <https://www.ciat.org/ciatblog-blockchain-para-mejorar-la-recaudacion-del-iva-parte-2/>

3 SMART CONTRACTS

Ya en la década de los 90, el jurista y criptógrafo Nick Szabo trató en varias obras la tesis de los contratos inteligentes, definiéndolos como un protocolo de transacción informatizado que ejecuta los términos de un contrato, cumpliendo con las condiciones contractuales y minimizando la necesidad de contar con intermediarios de confianza.⁵¹

Para Szabo, una máquina expendedora es el ejemplo perfecto de contrato inteligente: un dispositivo diseñado para transmitir la propiedad de un bien (refresco) a cambio del input adecuado (monedas). Al controlar la máquina el bien, ésta es capaz de hacer cumplir los términos del contrato.⁵²

Es reseñable indicar que, hasta la aparición de la cadena de bloques estos contratos no adquirieron relevancia, pues hasta aquel momento no era técnicamente posible llevar a cabo su implantación. Ya en 2013, el desarrollador y criptógrafo ruso Vitalik Buterin propuso la creación de una cadena de bloques pensada para el desarrollo de aplicaciones, naciendo así Ethereum.⁵³

Otro tipo de plataformas de *smart contracts* son Hyperledger, Counterparty o Polkadot.⁵⁴ Años más tarde, una vez esta tecnología se hubo asentado, se llevó a cabo la primera diferenciación entre dos tipos de contratos inteligentes: los *smart code contracts* y los *smart legal contracts*.⁵⁵

Los primeros son identificados como un código informático parte de un acuerdo que se almacena, verifica y ejecuta en una cadena de bloques. A los segundos son a los que se refería Nick Szabo cuando ponía como ejemplo las máquinas expendedoras, los cuales no se ejecutan en una cadena de bloques.

⁵¹ Szabo, N. (1994). *Smart contracts*.

<https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart.contracts.html>

⁵² Morell Ramos, J. (2016). Cómo crear un smart contract mediante términos y condiciones. *Términos y condiciones: Derecho tecnológico y Legaltech*, <https://terminosycondiciones.es/2016/09/21/como-crear-smart-contract-mediante-terminos-condiciones/>

⁵³ *Ibidem*.

⁵⁴ (S.A). (s.f). 'Smart contracts': contratos inteligentes para formalizar acuerdos en la era digital. *Iberdrola*. <https://www.iberdrola.com/innovacion/smart-contracts#:~:text=QU%C3%89%20ES%20UN%20SMART%20CONTRACT&text=Los%20contratos%20inteligentes%20se%20ejecutan,que%20automatiza%20pagos%20y%20contrapartidas>.

⁵⁵ Stark, J. (2016). Making sense of blockchain smart contracts, *Coindesk*, <https://www.coindesk.com/making-sense-smart-contracts>

3.1 Conceptualización, caracterización y naturaleza jurídica

Partiendo de la definición realizada por Szabo, actualmente, con el término de contratos inteligentes aludimos a aquellos acuerdos productores de efectos jurídicos cuya peculiaridad reside en que son “autoejecutables” por estar total o parcialmente recogidos en secuencias de código, es decir, la ejecución del contenido no depende de la voluntad de las partes, sino que tiene lugar de manera automática, una vez se dan las condiciones preestablecidas por aquéllas.⁵⁶

En cuanto a los elementos más característicos de los *smart contracts* debe destacarse lo siguiente:

- (i) *Forma electrónica.* En el sentido de que opera sobre una representación digital de los activos o bienes objeto del contrato, necesitando cada interacción de una clave o firma digital.⁵⁷
- (ii) *Autoejecutables.* Los contratos inteligentes se encargan de ejecutar de forma automática los términos de un contrato en tanto haya sido verificado el cumplimiento de lo estipulado en dicho acuerdo.⁵⁸ De hecho, el adjetivo “*smart*” o inteligente se debe a este carácter autoejecutable. No obstante, este concepto debe ser precisado, pues son diversos los autores que los tachan de contratos obedientes, no inteligentes; en el sentido de que no crea nada, solo cumple con el contenido del contrato en los términos en los que se hubiese celebrado y programado.⁵⁹ Gracias a su ejecución automatizada, la identidad y solvencia de la contraparte se convierte en algo irrelevante, eliminando dicho riesgo y convirtiéndose así en una forma de contratación ideal no ya entre ausentes, sino entre desconocidos que no tienen ningún tipo de razón para confiar entre sí.⁶⁰
- (iii) *Mayor nivel de seguridad.* Otra característica interesante es la de los dobles depósitos y actuaciones similares. El contrato obliga a las partes a depositar en una dirección de cadena de bloques unos fondos para el cumplimiento del

⁵⁶ Legerén Molina, A. (2018). Los contratos inteligentes en España (La disciplina de los smart contracts). *Revista de Derecho Civil*, 5 (2), pp 193-241.

⁵⁷ García Gil, V.J. (2021). *SMART CONTRACTS*. 18ª Edición del curso certificado experto/a legal en blockchain, Smart contracts, tokenización y criptoactivos.

⁵⁸ Fetsyak (2020), Op. cit.

⁵⁹ Rosales, F. (9 de julio de 2018). Qué es un Smart contract para un notario. *Blog Notario Francisco Rosales*. <https://www.notariofranciscorosales.com/smart-contract-y-la-maquina-de-pinball/>

⁶⁰ González-Meneses, M. (2019). Smart contracts ¿Una economía sin derecho contractual? [Conferencia Dictada en el Colegio Notarial de Madrid, Salón académico, 7 de noviembre de 2019]. *El Notario del S. XXI*. <https://www.elnotario.es/academia-matritense-del-notariado/9760-smart-contracts-una-economia-sin-derecho-contractual>

contrato. Al contar el contrato con una duración determinada, en caso de no llegar a algún tipo de acuerdo, los fondos abonados por ambas partes son remitidos a otra dirección de la cadena que la que no podrán ser sacados. Esta condición fuerza a ambas partes a cumplir con su parte del contrato, o si no, desaparecerán los fondos. En definitiva, este doble depósito imposibilita que se produzcan engaños y promueve que las partes lleguen a acuerdos.⁶¹

- (iv) *Marco condicional*. Se basa en declaraciones condicionadas, también llamado lógica booleana (“if-then-else”; *si A realiza x, B transferirá y*) con un código previamente programado.
- (v) *Ámbito de aplicación no omnicomprendivo*. Sólo pueden ser aplicables a supuestos que resulten verificables de manera objetiva y automática. Así, este tipo de contratos no admite cláusulas que puedan necesitar de la interpretación para poder ser verificadas -buena fe, diligencia debida, fuerza mayor, etc.- Conocido esto, los contratos inteligentes son más frecuentes en el ámbito de los suministros, porque es más probable que no den lugar a dudas ni interpretaciones, que en aquellos que incorporan cláusulas de exclusión de responsabilidad basadas en conductas personales o intencionales.⁶²
- (vi) *Inmutabilidad*. El almacenamiento de los contratos inteligentes dentro de la red no permite la modificación de su contenido. Si bien esta característica dota de seguridad y confianza a las partes, plantea problemas a la hora de modificar los términos del contrato o eliminarlos, pudiendo sólo hacerlo cuando la función hubiese sido implementada previamente de forma particular.⁶³

3.2 Funcionamiento de los *smart contracts*

En su núcleo, un *smart contract* es simplemente un programa de ordenador que procesa un conjunto de inputs para alcanzar varios outputs predefinidos. Teniendo en cuenta lo anterior, es posible el envío de transacciones a un *smart contract* para que reaccione a la información suministrada de acuerdo con las instrucciones pre-

⁶¹ Díaz Díaz, E. (20 de junio de 2019). Una aplicación jurídica del Blockchain: los Smart contracts. *LegalToday*. <https://www.legaltoday.com/legaltech/novedades-legaltech/una-aplicacion-juridica-del-blockchain-los-smart-contracts-2019-06-20/>

⁶² Legerén Molina (2018). Op. cit.,

⁶³ Solé, R. (20 de junio de 2021). Smart contracts: contratos inteligentes para criptomonedas. ¿Son realmente contratos inteligentes? *Profesional review*. https://www.profesionalreview.com/2021/06/20/que-son-smart-contract/#Caracteristicas_de_los_smart_contracts

programadas, por ejemplo; para desarrollar cálculos, almacenar datos, custodiar unidades de valor o reenviar cualquier de estos datos a otros usuarios de la red.⁶⁴

No obstante, para poder llevar a cabo dichos programas, en primer lugar, el contrato inteligente requiere de un acuerdo previo entre las partes contractuales, que decidan ejecutar los términos de su acuerdo haciendo uso de un *smart contract* que pueda verificar las condiciones establecidas en el mismo.⁶⁵ En este punto es relevante recordar que los contratos inteligentes siguen la estructura *IF/THEN/ELSE* en su secuencia de códigos: si se cumple esta circunstancia (IF), entonces se ejecuta la acción (THEN) y de no cumplirse la circunstancia establecida, se ejecuta otra acción también prevista en ese caso (ELSE).⁶⁶

Ahora bien, para poder verificar toda aquella información y condiciones que no estén contenidas en un dispositivo, sino que dependan de datos cambiantes o aleatorios del mundo real -por ejemplo, el resultado de un encuentro deportivo o el precio de un producto en un determinado momento futuro-, es necesario acudir a los denominados «oráculos», pues la propia cadena y los dispositivos asociados a ella se muestran incapaces de verificar toda aquella información alojada al margen de esta. Así pues, entendemos los oráculos como aquella herramienta informática que permite actualizar el estado de los *smart contracts* con información exterior (precios de divisas, cotización acciones, tiempo atmosférico...) a fin de que este se pueda ejecutar.⁶⁷ Es decir, proporcionan un enlace entre los datos off-chain y on-chain. Sin ellos, los *smart contract* tendrían un uso muy limitado, pues solo tendrían acceso a datos internos de sus propias redes.⁶⁸

Es importante indicar que el rango de lo que puede constituir un oráculo es realmente amplio: desde softwares que manejan información en línea como puede ser el clima, los precios de productos o los horarios de vuelos, a hardware que sirven para rastrear información del mundo real, permitiendo la monitorización de cadenas de suministro completas.⁶⁹ Sin embargo, todas estas fuentes de ese oráculo provienen de

⁶⁴ García Gil (2021), Op. cit.

⁶⁵ Fetsyak, (2020). Op. cit.

⁶⁶ Cuesta Galdón (2019). Op. cit.

⁶⁷ García Gil (2021). Op. cit.

⁶⁸ Binance Academy (29 de abril, 2021). Guía sobre los Oráculos Blockchain. <https://academy.binance.com/es/articles/blockchain-oracles-explained>

⁶⁹ (S.A.), ¿Qué son los oráculos blockchain? BIT2ME ACADEMY. <https://academy.bit2me.com/que-es-oraculos->

terceras partes o intermediarios que están sujetos a confianza, siendo este uno de los principios que trata de evitar la *blockchain* a toda costa.

Para evitar este problema puede usarse un oráculo descentralizado que extraiga información de diferentes fuentes, así si una fuente resulta hackeada o falla, el *smart contract* continuará funcionando según lo previsto.⁷⁰ Algunos de los principales y más fiables servicios de oráculos son *Chainlink*⁷¹, *Witnet*,⁷² *Provable*,⁷³ *Paralink*⁷⁴ y *Dos.Network*⁷⁵

En resumen, se puede afirmar que los oráculos sirven de punto de unión entre el mundo criptográfico o digital y el mundo físico, situando al mismo en una posición de dependencia y de confianza respecto de las partes, y es esta circunstancia la que muestra la importancia de valerse de un oráculo fiable, seguro e imparcial. En este sentido, son muy positivos algunos proyectos como los de *Oraclize* o *Witnet*, que comparan la información de todas las fuentes seleccionadas con el fin de determinar su validez.⁷⁶

Desde el punto de vista de su naturaleza jurídica, en primer lugar, resulta crucial determinar si los *smart contracts* son realmente contratos o si por el contrario no cumplen con los requisitos propios para ser considerados tales.

Si nos ceñimos al concepto de contrato tal y como se configura en nuestro ordenamiento jurídico a través del Código Civil (en adelante, CC), y si por contrato inteligente entendemos únicamente las secuencias de código, de forma evidente, tales códigos únicamente constituirán cláusulas autoejecutables. No obstante, en opinión Legerén Molina, “la denominación de contratos inteligentes no sería más que un modo de referirse a unos contratos «tradicionales» de carácter electrónico donde parte o todas las prestaciones están redactadas en el código y se ejecutan de manera autónoma y automática. Los *smart contracts* serán, por tanto, una variedad del «contrato tradicional» caracterizado por la existencia de cláusulas autoejecutables, no siendo, entonces,

[blockchain/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20son%20los%20or%C3%A1culos%20de,blockchains%20y%20el%20mundo%20exterior.](#)

⁷⁰ Ethereum. (22 de julio, 2022). Oráculos. <https://ethereum.org/es/developers/docs/oracles/>

⁷¹ Chainlink. <https://chain.link/>

⁷² Witnet. <https://witnet.io/es/>

⁷³ Provable. <https://provable.xyz/>

⁷⁴ Paralink <https://paralink.network/>

⁷⁵ Dos.Network <https://dos.network/>

⁷⁶ García Gil (2021), Op. cit.

necesario aplicar un régimen jurídico diverso del de los contratos, y, de manera específica, del de los electrónicos.”

Existen otro tipo de contratos inteligentes que se suscriben enteramente por las propias máquinas (M2M o *machine to machine contracts*) una vez se cumplen una serie de condiciones preestablecidas. En estos casos se plantea la duda de si este tipo de acuerdos cumplen con los requisitos señalados en el Código Civil para ser considerados contratos eficaces y válidos.

Así, pues procede analizar estos contratos a la luz de los requisitos exigidos por el Código Civil:

- En primer lugar, el artículo 1261 CC exige “*el objeto cierto que sea materia de contrato*” es decir, que el objeto recaiga sobre cosas posibles y dentro de comercio; que no sea contrario a leyes y buenas costumbres y que sea determinado o determinable. En principio, cualquier *smart contract* que incluya todas las variables y fuentes a considerar tendrá un objeto determinado y/o determinable.
- Del mismo modo, respecto de la “*causa de la obligación que se establezca*” el autor sostiene que subsiste la misma causa cuando un *smart contract* es íntegramente suscrito entre dos máquinas, que cuando el acuerdo se realice por personas reales.
- Quizá sea la exigencia de “*un consentimiento válido*” el requisito más complicado de probar, pues no es válido que el mismo sea emitido por un ordenador o software. Para Legerén Molina, la figura del precontrato y la emisión del consentimiento de manera anticipada podrían salvar este obstáculo. Es decir, al aceptar las partes el contenido del preacuerdo y al ser este volcado en el código, se está dando el consentimiento por adelantado a los futuros contratos que se vayan a ejecutar. Sin embargo, no son pocos los autores, como Argelich Comelles, que consideran que “dicho precontrato por su naturaleza, debe estar sometido a un plazo de caducidad, como término esencial para concluir el segundo contrato... Este término esencial, pensado para evitar la vinculación indefinida, impide que pueda calificarse al *smart contract* originario como precontrato, por una razón: el término esencial no encaja en la ejecución automática del M2M contract, que depende de la producción de un evento externo, elemento que resulta totalmente incompatible con la fijación de un término inicial para el cómputo del plazo de

caducidad requerido”.⁷⁷ Y concluye, aportando otra solución consistente en configurar el *smart contract* y al *M2M contract* como dos contratos autónomos pero dependientes. Es decir, las partes podrían perfeccionar un *smart contract* como la obligación principal y utilizar dicho consentimiento manifestado para la perfección de un *M2M contract* accesorio.⁷⁸

De lo anterior se deduce que, pese a la dificultad latente para dar cumplimiento al último requisito contractual relativo al consentimiento válido –especialmente en los *M2M contracts*– diversos autores proponen distintas alternativas para poder reconocer el carácter contractual de los contratos inteligentes también cuando son íntegramente suscritos por máquinas.⁷⁹

Finalmente, en lo relativo a la ley y jurisdicción aplicable a los contratos legales inteligentes, autores como Mora Astaburuaga declaran que es imprescindible estar a lo dispuesto en las reglas del Derecho internacional privado, ya que, “dependiendo del régimen jurídico que sea aplicable cabe la posibilidad de que la naturaleza del contrato inteligente cambie radicalmente”. Por tanto, a la hora de desarrollar un contrato de este tipo, será muy importante tener en cuenta la jurisdicción y la ley aplicables en la fase contractual al propio contrato, así como a cualquier posible conflicto que pueda surgir a causa de la relación jurídica. Así, en reconocimiento del principio de autonomía conflictual (lo que entendemos por autonomía privada), no habrá problema alguno cuando las partes indiquen la ley y jurisdicción aplicable, ateniéndose a lo acordado en ellas, tal y como se contempla en el Reglamento (CE) n.º 593/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de junio de 2008, sobre la ley aplicable a las obligaciones contractuales (Roma I).

En aquellos casos en los que no se haya acordado desde un inicio la ley y jurisdicción aplicable a las partes, se estará a lo dispuesto en las normas generales del derecho internacional privado y se determinará en función de la residencia de ambas partes, siempre que éstas sean identificables, el lugar donde esté situado el inmueble⁸⁰, etc.

⁷⁷ Argelich Comelles, C. (2020). Smart contracts o Code is Law: soluciones legales para la robotización contractual. *Indret: Revista para el Análisis del Derecho*, 2, pp. 1-41. <https://raco.cat/index.php/InDret/article/view/375133/468543>.

⁷⁸ *Ibidem*.

⁷⁹ Legerén Molina (2018), Op. cit.

⁸⁰ Artículo 4 (Roma I).

3.3 **Ámbito de aplicación de los *smarts contracts***

En el ámbito público, un ejemplo relevante es el caso del Reino Unido y su registro de la propiedad (*HR Land Registry*) que, gracias al uso de los *smart contracts* ha permitido la automatización de pagos y el cambio de titular de los inmuebles en el registro de la propiedad.⁸¹

En el sector privado, existen más iniciativas y proyectos de implementación de los *smart contracts* que, con las reservas debidas, podrían ser extrapolables al ámbito público. En este sentido, en el ámbito empresarial cada vez más empresas proponen soluciones enfocadas a instaurar la tecnología *blockchain* al sector inmobiliario. Por ejemplo, Midasium⁸², que propone el uso de los *smart contracts* como contratos de alquiler inteligentes para mejorar la transparencia de los términos y transacciones del contrato y a su vez, usar el dinero percibido por el alquiler para el pago automático a gestores, propietarios y demás agentes. Por último, es relevante destacar la opinión de diversos autores (Metallo, N. (2018), Santiso, C. (2018)) que afirman que un registro de la propiedad basado en una cadena de bloques, ayudaría a países subdesarrollados y en vías de desarrollo a luchar contra la corrupción. En países como Honduras, Kenia o la India ayudaría a documentar títulos de propiedad de supuestos dueños que carecen de uno que lo certifique. Además, asegurar dichos derechos a la propiedad tendría un efecto promotor en el desarrollo de la economía.

En el plano nacional, lo único reseñable en cuanto a esfuerzo por parte de las Administraciones públicas para implementar la tecnología *blockchain*, es la alianza entre el Registro de la Propiedad y la asociación Alastria⁸³. No obstante, a día de hoy no se han producido grandes avances en este proyecto. Lo cierto es que en España apenas existen un par de casos en los que se haya producido un traspaso inmobiliario mediante el uso de esta tecnología; a destacar, los casos de las inmobiliarias Mister Piso⁸⁴ y Metrovacesa que pusieron a la venta un piso y unas viviendas respectivamente a través de *bitcoin* y tokens;

⁸¹ Barreda García, P.J. (2020). *Blockchain y tokenización para la inversión inmobiliaria en España* [Trabajo Fin de Grado, Universidad Politécnica de Madrid].

⁸² (S.A.). (2017). *Blockchain in commercial real estate. The future is here!* Deloitte. [us-dcfs-blockchain-in-cre-the-future-is-here.pdf](#)

⁸³ Registradores de España (5 de abril, 2018). *Los registradores y el consorcio Alastria explorarán las posibilidades de la tecnología blockchain*. <https://www.registradores.org/-/los-registradores-y-el-consorcio-alastria-explorara-n-las-posibilidades-de-la-tecnologi-a-blockchain>

⁸⁴(S.A). (10 de enero, 2018). Se vende un ático por 40 bitcoins en Tarragona. *Cinco Días el País*. [Se vende un ático por 40 bitcoins en Tarragona | Mi dinero | Cinco Días \(elpais.com\)](#)

o la primera venta de un inmueble tokenizado en España, realizado por la *startup* RentalT a través de la red Ethereum.⁸⁵

Para una mejor comprensión de lo expuesto, se hace preciso explicar los conceptos de “token” o “tokenización”.

En palabras de Mougayar, “un token es una unidad de valor que una organización crea para gobernar su modelo de negocio y dar más poder a sus usuarios para interactuar con sus productos, al tiempo que facilita la distribución y reparto de beneficios entre todos sus accionistas.”⁸⁶ La tokenización de activos, es el proceso de conversión de los activos en *tokens* o fichas digitales susceptibles de tráfico en un entorno digital, mediante una técnica que evita tanto su generación o multiplicación discrecional como la posibilidad de doble gasto, y todo ello, sin la necesidad de acudir a un intermediario que controle la emisión.⁸⁷

Pues bien, este nuevo concepto presenta una serie de ventajas sobre los activos sin tokenizar. A saber:

- En primer lugar, la tokenización reduce las barreras de entrada a inversores internacionales, que suelen encontrar dificultades a la hora de transferir dinero y adaptarse a regulaciones.
- En segundo lugar, la fragmentación de activos en *tokens* permite a los inversores pequeños involucrarse en proyectos más grandes, lo que democratiza el acceso a dichas inversiones.
- Por último, la utilización de *tokens* asegura la reducción de trámites burocráticos y los costes de intermediación.⁸⁸

En conclusión, la tokenización inmobiliaria va un paso más allá que los *smart contracts* al tratarse de un proceso aún más complejo y disruptivo para el sector. Para que tenga lugar su asentamiento se antoja imprescindible la existencia de un marco regulatorio adaptado al mismo y de una fuerte presencia de los *smart contracts* en el sector, situación

⁸⁵ (S.A). (27 de febrero, 2021). Inmobiliaria de España vende por primera vez una vivienda tokenizada en Ethereum. *Criptonoticias*. <https://www.criptonoticias.com/comunidad/adopcion/inmobiliaria-espana-vende-primera-vez-vivienda-tokenizada-ethereum/>

⁸⁶ Mougayar, W. (2016). *The Business Blockchain. Promise, Practice, and Application of the Next Internet Technology*. Wiley; Illustrated edición

⁸⁷ Fetsyak, (2020). Op. cit.

⁸⁸ Barreda García, P.J. (2020). *Blockchain y tokenización para la inversión inmobiliaria en España* [Trabajo Fin de Grado, Universidad Politécnica de Madrid].

que no se ha producido hasta el momento, habiéndose dado tan sólo alguna operación de tokenización de propiedades en Estado Unidos, Francia o Suiza⁸⁹.

4 APROXIMACIÓN AL RÉGIMEN JURÍCO

Como era de esperar, el auge de esta tecnología ha supuesto el pronunciamiento de diversos sectores reclamando la regulación inmediata de la cadena de bloques. Mientras en los ordenamientos jurídicos de otras partes del mundo si se han introducido referencias a esta tecnología, tanto las autoridades comunitarias como españolas han adoptado una posición de cautela frente a estas iniciativas.⁹⁰

Ahora bien, de la escasez o inexistencia de regulación específica en esta materia no cabe deducir de forma lógica que esta metodología no suscite reto jurídico alguno.⁹¹

El presente epígrafe trata de analizar de la forma más completa y concisa los principales hitos jurídicos que afectan a la red *blockchain* a nivel comunitario y nacional.

4.1 Unión Europea

En lo relativo a los criptoactivos, la Unión Europea los regula directa o indirectamente en las siguientes normas.

- Directiva (UE) 2018/843 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva (UE) 2015/849 relativa a la prevención de la utilización del sistema financiero para el blanqueo de capitales o la financiación del terrorismo, y por la que se modifican las Directivas 2009/138/CE y 2013/36/UE (Texto pertinente a efectos del EEE). De acuerdo con esta normativa, se define el concepto de monea electrónica y se establecen obligaciones para las empresas de intercambio y compraventa de criptoactivos.
- Reglamento (UE) 2022/858 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2022 sobre un régimen piloto de infraestructuras del mercado basadas en la tecnología de registro descentralizado y por el que se modifican los Reglamentos (UE) 600/2014 [MiFIR] y (UE) 909/2014 [DCV] y la Directiva 2014/65/UE [MiFID II]. Publicado en junio de 2022, pretende establecer un régimen piloto que permita la creación de infraestructuras de mercado basadas en las tecnologías

⁸⁹ (S.A). (s.f). *Elea*. <https://helloworld.elea.io/>

⁹⁰ Porxas Roig y Conejero (2018). Op. cit.

⁹¹ Legerén Molina, A. (2019). Retos jurídicos que plantea la tecnología de la cadena de bloques. Aspectos legales de Blockchain. *Revista de Derecho Civil*, vol. VI, núm. 1 (enero-marzo). Estudios, pp. 177-237. <http://nreg.es/ojs/index.php/RDC>

de registro descentralizado (TRD). Sus disposiciones serán aplicables a partir de marzo de 2023, y es la primera norma de las cuatro previstas en el paquete de finanzas digitales de la CE (reglamentos MICA, DORA y modificación de MiFID II).⁹²

Algunas propuestas normativas que están en trámite en el el ámbito europeo:

- Propuesta de Reglamento sobre la información que debe acompañar a las transferencias de fondos y determinados criptoactivos. Su principal objetivo es garantizar la transparencia en el intercambio de criptoactivos, dotando a las autoridades de control de herramientas con las que trazar las transferencias.⁹³
- Propuesta de Reglamento sobre el Mercado de los Criptoactivos (Propuesta MiCA). Trata de crear un marco regulatorio que armonice la legislación de todos los Estados miembros de la Unión Europea⁹⁴, puesto que actualmente no existe una regulación común (en muchos casos, ni siquiera estatal). Pretende dotar de seguridad jurídica a un mercado que ahora mismo parece carece de ella.⁹⁵

Asimismo, es relevante la Sentencia de 22 de octubre de 2015, del Tribunal de Justicia de la Unión Europea (TJUE), Asunto C-264/14, por la que se declara que el Bitcoin u otras criptomonedas están exentos de IVA para el intercambio por divisas tradicionales.

Por último, algunas recomendaciones e informes europeos relativos al tema, son los siguientes:

- *Blockchain* para gobierno digital: una evaluación de las implementaciones pioneras en servicios públicos por ISA.

⁹² Palá Laguna, R. (8 de junio, 2022). Publicado el Reglamento sobre un régimen piloto de infraestructuras del mercado basadas en la tecnología de registro descentralizado. *Gómez- Acebo & Pombo*. <https://www.gap.com/publicaciones/publicado-el-reglamento-sobre-un-regimen-piloto-de-infraestructuras-del-mercado-basadas-en-la-tecnologia-de-registro-descentralizado/>

⁹³ (S.A.), (2022). Reglamento sobre la información de las transferencias de criptomonedas. *Attolon Law*.: <https://attolonlaw.com/reglamento-informacion-transferencias-criptomonedas/>

⁹⁴ Illescas Avilés, R. (2022). El Reglamento MiCa: ¿un paso para la masificación del uso de los criptoactivos? *Cinco Días*. https://cincodias.elpais.com/cincodias/2022/05/09/legal/1652081472_413058.html.

⁹⁵ (S.A.), (2022). MiCA, la propuesta de la UE para la regulación del mercado de criptoactivos. *Grupo Ático* 34. Disponible en: https://protecciondatos-lopd.com/empresas/mica-reglamento-europeo-criptomonedas/#Que_es_la_propuesta_MiCA.

- Blockchain and the General Data Protection Regulation, del Parlamento Europeo, del 24 de julio de 2019.
- Smart contracts and the Digital Single Market Through the Lens of a 'Law + Technology' Approach, de la Comisión Europea, del 25 de octubre de 2021.

4.2 Regulación en España

A continuación, se señalan las principales normas estatales que tratan de forma directa o indirecta sobre los criptoactivos:

- Real Decreto-ley 7/2021, de 27 de abril, de transposición de directivas de la Unión Europea en las materias de competencia, prevención del blanqueo de capitales, entidades de crédito, telecomunicaciones, medidas tributarias, prevención y reparación de daños medioambientales, desplazamiento de trabajadores en la prestación de servicios transnacionales y defensa de los consumidores. La novedad más destacada de esta norma es la introducción del concepto legal de “moneda virtual” y de “proveedor de servicios de custodia de monederos electrónicos”, además de regular la actividad de cambio de moneda virtual por moneda de curso legal.⁹⁶
- Ley 11/2021, de 9 de julio, de medidas de prevención y lucha contra el fraude fiscal, de transposición de la Directiva (UE) 2016/1164, del Consejo, de 12 de julio de 2016, por la que se establecen normas contra las prácticas de elusión fiscal que inciden directamente en el funcionamiento del mercado interior, de modificación de diversas normas tributarias y en materia de regulación del juego. Establece nuevas obligaciones a distintos sujetos; en primer lugar, a las empresas que gestionan criptomonedas, obligándolas a suministrar a la Administración Tributaria información sobre la totalidad de las monedas virtuales que mantengan custodiadas. Por otro lado, los *exchanges* vendrán obligados a comunicar a la Administración Tributaria las operaciones de adquisición, transmisión, permuta y transferencia, relativas a monedas virtuales, así como los cobros y pagos realizados en dichas monedas, en las que intervengan o medien.⁹⁷

⁹⁶ Palá Laguna, R. (2021). Criptoactivos: primeras regulaciones en el Derecho español (RDL 5/2021 y RDL 7/2021). <https://www.ga-p.com/publicaciones/criptoactivos-primeras-regulaciones-en-el-derecho-espanol/>

⁹⁷ Costa, P. (12 de julio, 2021). Nueva Ley 11/2021 de lucha contra el fraude fiscal (monedas virtuales). *Abogados Correa & Costa*. <https://correa-costa.com/2021/07/12/nueva-ley-11-2021-de-lucha-contra-el-fraude-fiscal-monedas-virtuales/>

- Real Decreto Legislativo 4/2015, de 23 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Mercado de Valores. Que introduce un nuevo artículo 240 bis, el cual habilita a la CNMV a desarrollar la regulación relativa a la publicidad de aquellos criptoactivos que actualmente no están regulados y que se ofrecen como propuesta de inversión.⁹⁸
- Circular 1/2022, de 10 de enero, de la Comisión Nacional del Mercado de Valores, relativa a la publicidad sobre criptoactivos presentados como objeto de inversión. No establece una regulación completa de este tipo de activos, ni cubre todos los criptoactivos, sólo los que sean objeto de inversión.

A nivel autonómico, también encontramos algunas normas:

- Aragón (España) – Ley de simplificación administrativa – Art. 51 bis – Utilización de registros distribuidos. Incluye la posibilidad de usar sistemas de identidad digital basados en *blockchain*.
- Navarra (España) – Ley Foral 21/2020, de 29 de diciembre, de modificación de diversos impuestos y otras medidas tributarias y de modificación del Texto Refundido de la Ley Foral de Ordenación del Territorio y Urbanismo. Impone obligaciones relacionadas con la tenencia y las operaciones con criptoactivos.⁹⁹

4.3 Referencia específica a la aplicación de la normativa de protección de datos en entornos *blockchain*

Como ya hemos mencionado de forma previa, el ecosistema *blockchain* fue diseñado en sus inicios para evitar la intromisión de agentes estatales o corporaciones en las operaciones realizadas entre usuarios.¹⁰⁰ Es decir, que no fue diseñado para cumplir normativa alguna, tampoco la relativa a la protección de datos personales.

Paralelamente al boom de esta tecnología disruptiva, la Unión Europea aprobó el Reglamento (UE) 2016/679 relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos (en adelante, RGPD), que fue transpuesto a nuestro ordenamiento jurídico en el año 2018. Simplificándolo mucho, podemos considerar al RGPD como una auténtica declaración de derechos fundamentales de protección de datos en el ámbito digital, velando desde sus

⁹⁸ (S.A.), (7 de febrero, 2022). Los criptoactivos y su nueva regulación en España. *Cinco días*. https://cincodias.elpais.com/cincodias/2022/02/03/legal/1643898711_280876.html

⁹⁹ (S.A.), (2021). Guía Legal sobre Blockchain y DEFI. *Nevtrace*. <https://nevtrace.com/normativa/>

¹⁰⁰ Espuga Torné, G. (2021). Compatibilidad y encaje legal de la tecnología blockchain con la normativa sobre protección de datos personales. *La Ley mercantil*, nº 84.

inicios por reducir la asimetría de poder que se da entre las organizaciones que gestionan y tratan los datos personales y los sujetos a los que pertenecen (interesados).

En este sentido, aunque *blockchain* también ha abogado desde sus inicios por el empoderamiento del individuo y la reducción de influencia de las entidades centralizadas, lo cierto es que las propias características que definen a esta tecnología colisionan de forma directa con algunos de los principios del RGPD, como puede el ejercicio de derechos por parte de los interesados o la privacidad desde el diseño.

Por ello, se analizan a continuación los principales problemas planteados.

A. Roles del tratamiento

La normativa de protección de datos gira en torno a la existencia de un responsable del tratamiento de datos, que vele por cumplir de manera efectiva la normativa, respondiendo en caso de incumplimiento.¹⁰¹ El propio RGPD, define en su artículo 4 al responsable como: “*la persona, autoridad, servicio... que solo o con otros determine los fines y medios del tratamiento...*”. Así mismo, se contempla la figura del encargado como aquella “*persona, autoridad, organismo... que trata los datos personales por cuenta del responsable.*” Conocido esto, se plantea la cuestión de determinar quién es el responsable del tratamiento en una cadena de bloques.

Es importante matizar que, dependiendo de si se trata de una red pública o privada, será más o menos fácil llevar a cabo la asignación de los roles.

Así, en las redes privadas se podrá considerar que todos los miembros que decidan las reglas de validación asumirán el rol de responsables del tratamiento y todos aquellos miembros que no hubiesen participado en la definición de las normas, pero si fuesen participantes en la red, tendrán la consideración de encargados.¹⁰²

Respecto a las redes públicas o abiertas, la situación resulta mucho más compleja, ya que se tiende a afirmar que todos los participantes en dichas redes son potenciales responsables del tratamiento, ahora bien, al no ser posible su identificación (al tratarse de datos anónimos), tampoco es posible identificar al responsable del tratamiento y, por tanto, requerirle para que cumpla con sus obligaciones.

¹⁰¹ S.A. (2022). Blockchain y normativa de protección de datos: una relación tensa. *Loyra Abogados*. <https://www.loyra.com/blockchain-y-normativa-de-proteccion-de-datos-una-relacion-tensa/>

¹⁰² Ibáñez, L.D., O'Hara, K., Simperl, E. (2018), *On Blockchains and the General Data Protection Regulation*. University of Southampton. Pp. 1-13. https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:qhLexzZakgsJ:https://eprints.soton.ac.uk/422879/1/BLOCKCHAINS_GDPR_4.pdf&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=es

B. Hash y claves públicas como datos personales

Ya hemos explicado con anterioridad en que consiste el *hash* y la criptografía de clave pública y privada, lo que nos hace plantearnos si constituyen datos de carácter personal. En este sentido, el dictamen 05/2014 del grupo de trabajo del artículo 29, considera al *hashing* como una técnica de seudonimización, que permite vincular la información a una identidad y por tanto, asociar cada *hash* con su correspondiente dato personal. Como solución para evitar que se lleve a cabo dicha asociación, es conveniente la utilización de *hashes* reforzados con “*Salt*”, que son un conjunto de valores aleatorios que se añaden a un *hash* concreto, haciendo más difícil su asociación con los datos personales a los que representa.¹⁰³

Respecto a las claves públicas, la guía *a guide to blockchain and data protection*, (Maxwell, W., Salmon., J.) las compara con el caso C-582/14 del Tribunal de Justicia de la Unión Europea (TJUE) Patrick Breyer vs. Bundesrepublik Deutschland del 19 de octubre de 2016, relativo a las direcciones IP dinámicas. En este caso, el TJUE determinaba que las IP sólo constituirán datos personales si existe la posibilidad de concertar la dirección IP con los datos necesarios para identificar al usuario, los cuales se encuentran en poder de un tercero (es decir, en manos del proveedor de servicio de Internet al usuario). Teniendo en cuenta lo anterior, en las *blockchain* públicas si los usuarios de la misma se encargasen de salvaguardar sus propias claves públicas y privadas, no sería de aplicación el caso C-582/14 y por tanto no se consideraría un dato personal. No obstante, si los usuarios optan por comunicar sus datos a servicios centralizados para su gestión y salvaguarda, si sería de aplicación la sentencia, pues dichos servicios poseerían los datos necesarios para identificar a los interesados a través de sus claves públicas.¹⁰⁴

C. Principios relativos al tratamiento

El protocolo de *blockchain*, consistente en realizar una copia completa del libro de contabilidad en cada nodo de validación, choca frontalmente con algunos de los principios relativos al tratamiento de datos personales, recogidos en el artículo 5 del RGPD. Especialmente, con el principio de exactitud y limitación del plazo de conservación, vinculado al derecho de supresión o derecho al olvido (artículo 17 RGPD)

¹⁰³ Hernández Campos, E.M., (2021). Conflicto entre la tecnología blockchain y la normativa de protección de datos. *Economist & Jurist*. <https://www.economistjurist.es/articulos-juridicos-destacados/conflicto-entre-la-tecnologia-blockchain-y-la-normativa-de-proteccion-de-datos-2/>

¹⁰⁴ Ibáñez, O'Hara, y Simper (2018). Op. cit.

y al derecho de rectificación (artículo 16 RGPD). El problema reside, principalmente, en que *blockchain* como ya sabemos, conserva una copia de todo el historial de transacciones realizadas y que además es inmutable, es decir, que no permite el borrado o la modificación de las transacciones que contiene. Por todo lo anterior, resulta prácticamente imposible atender los derechos relacionados con la protección de datos de los interesados. Algunas de las soluciones propuestas son permitir a uno o varios participantes de la red eliminar o modificar la información contenida en la misma.¹⁰⁵ No obstante, esto atentaría contra los principios de la propia *blockchain* (descentralización).

El objeto de este apartado ha sido exponer los principales problemas que plantea la utilización de la tecnología *blockchain* y la aplicación a dicha tecnología del Reglamento General de Protección de Datos. Una de las primeras conclusiones que se pueden derivar es que las redes privadas parecen tener más capacidad de adaptación a la normativa, dado que permiten la designación de responsables del tratamiento que velen por el cumplimiento normativo. Por otro lado, en las redes públicas, el anonimato característico de sus usuarios y las transacciones internacionales que se realizan en ella, impiden garantizar que se asuman responsabilidades en materia de cumplimiento.

En «On Blockchains and the General Data Protection Regulation» el estudio desarrollado por la Universidad de Southampton¹⁰⁶, se proponen dos tipos de soluciones que ayuden a conciliar ambos conceptos. Como primera solución, integrar diferentes tipos de funciones criptográficas y esquemas de computación privados en las cadenas de bloques para permitir la validación descentralizada sin revelar el contenido de las transacciones, además de proponer el uso de distintos tipos de *hashes* que permitan la modificación y el borrado de datos. La idea es que, si un tercero externo trata dicha información, no podrá descifrar su contenido y, por tanto, no habrá ningún problema para garantizar la protección de los datos. La segunda propuesta consiste en utilizar las redes *blockchain* como máquinas de verificación descentralizadas que operen con *hashes* de los datos personales, que deberán ser preservados bajo la responsabilidad de un responsable del tratamiento designado. Al igual que la anterior solución, su lógica reside en que a la hora de llevar a cabo el tratamiento por cualquier tipo de actor externo (validadores, mineros), este no pueda descifrar la información que contiene debido a la función *hash*,

¹⁰⁵ Loyra Abogados. (2022). Blockchain y normativa de protección de datos: una relación tensa. <https://www.loyra.com/blockchain-y-normativa-de-proteccion-de-datos-una-relacion-tensa/>

¹⁰⁶ Ibáñez, O'Hara, Simperl, Op. cit.

asegurando de esta forma la adecuada protección de los datos personales que pueda contener.

5 BLOCKCHAIN Y SMART CONTRACTS EN LA CONTRATACIÓN PÚBLICA

La contratación pública mueve en el ámbito europeo el 20% del PIB. Por ello, la Unión entiende la contratación pública como una poderosa herramienta para llevar a cabo políticas de lo más diverso, entre ellas, de forma destacada, promover la innovación.

En primer lugar, porque la contratación supone el 50% del gasto total de un gobierno en países con ingresos entre bajos y medianos y el 30 % en los países con ingresos más altos¹⁰⁷ y continúa siendo la actividad más vulnerable a la corrupción, el fraude y el despilfarro.

Ya se ha dado un gran salto hacia adelante con la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, (en adelante, LCSP) que ha supuesto la digitalización de los procedimientos de contratación, la publicación de prácticamente todos los eventos del procedimiento a través del perfil del contratante en formatos abiertos e interoperables, a través de la Plataforma de Contratos del Sector Público, así como la multiplicación de los mecanismos de control y elementos de transparencia que reducen las posibilidades de fraude, corrupción e ineficacia.¹⁰⁸ Sin embargo, desde la perspectiva de Botto y Castrovinci, las novedades que reportaría el uso de *blockchain* sería “una posible extensión de la audiencia de quienes participan en este rol de control, además de expresar el potencial democrático inherente a la tecnología blockchain, solo puede fortalecer y simplificar idealmente esta actividad aún más, al mismo tiempo que permite el complejo sistema de reglas actualmente en vigor. Este último aspecto podría, además, conducir a una reducción en el calendario de los procedimientos de licitación”.¹⁰⁹

¹⁰⁷ Hasan, M (2018). Guía de Gobierno Abierto para Escépticos. *Open Government Partnership*. https://www.opengovpartnership.org/wp-content/uploads/2019/01/SKEPTICS-GUIDE_20180710_ES.pdf.

¹⁰⁸ García Melián, J.C. (2019) Blockchain y smart contracts para la transparencia y la confidencialidad de los contratos públicos. *Actualidad Administrativa*, nº1, pp. 1-7.

¹⁰⁹ Botto, A.S, Castrovinci, Z.S. (2018). *La blockchain negli appalti pubblici, come utilizzarla: i vantaggi*. <https://www.agendadigitale.eu/procurement/la-blockchain-negli-appalti-pubblici-come-utilizzarla-i-vantaggi/>

Así mismo, se ha señalado que el uso de esta tecnología puede prevenir la corrupción en la gestión de licitaciones ya adjudicadas, al poder ser verificados todos los sucesos del procedimiento de contratación por cada licitador.¹¹⁰

5.1 Uso de *blockchain* en el registro de contratistas del Gobierno Vasco (Expediente EJIE-133-2017)

El Gobierno Vasco contempló en 2017, la posibilidad de aplicar la tecnología *blockchain*, con base en la Red *ethereum*, a un ámbito concreto de la contratación pública, en este caso, al Registro de Licitadores y Empresas Clasificadas de la Comunidad Autónoma del País Vasco (equivalente autonómico del Registro Oficial de Licitadores y Empresas Clasificadas del Estado – ROLECE)¹¹¹.

Para ello licitó el contrato de servicios de análisis, desarrollo e implantación de una solución *blockchain* para cubrir escenarios ligados al registro de contratista del Gobierno Vasco. La solución pretendida por la Comunidad Autónoma había de posibilitar tanto la carga de datos de los contratistas en el registro, como consultas “online” sobre la base del CIF.

La solución aportada por el contratista que resultó adjudicatario del contrato no ha sido finalmente implementada en el registro, por lo que, en ésta caso, nos encontramos frente a un intento fallido de implementación de la *blockchain* en la contratación pública.

5.2 Sistema de licitación electrónica mediante *blockchain* del Gobierno de Aragón (Expediente SCC 24/2018)

Para poder entender el procedimiento de contratación promovido por el Gobierno de Aragón, es preciso remontarse al año 2016, fecha de creación de la red Alastria, un consorcio multisectorial promovido por empresas e instituciones con el objetivo de acelerar la creación de ecosistemas digitales entorno a *blockchain*, poniendo a disposición de los socios una plataforma colaborativa común. Asimismo, Alastria es una red semipública, independiente, permitida y neutral.

En este contexto, el Gobierno Aragonés procedió a licitar un contrato de servicios consistente en el desarrollo de un sistema de presentación electrónica de ofertas y de

¹¹⁰ Gitonga, M. (2017). Using Blockchain Technology to Eliminate Corruption in Developing Nations. *Coin Weez limitless possibilities*. <https://coinweez.com/using-blockchain-technology-eliminate-corruption-developing-nations/>

¹¹¹ Sociedad Informática del Gobierno Vasco (2017). *Uso de blockchain en el registro de contratistas*. Expediente EJIE-133-2017. <https://x.gd/hyLjt>.

valoración de las mismas que cumpla con los requisitos establecidos por la LCSP, utilizando tecnologías de registro distribuido.¹¹²

El procedimiento seguido habría sido el siguiente.¹¹³ En primer lugar, se convocó la licitación, con el fin de automatizar la licitación de procedimientos abiertos simplificados «abreviados», previstos en el artículo 159.6 de la LCSP, permitiéndose a través del acceso en el rol de gestor, insertar las licitaciones en plazo, accesibles a cualquier interesado a través del frontal de acceso del rol licitador y visible en todo momento en modo lectura. Así mismo, debía contener un rol para el público en general en que se pudiese acceder de forma dinámica al contenido y la información de las licitaciones (transparencia en directo).

Seguidamente, el licitador anuncia su oferta al registrarse en el sistema y genera, dentro del plazo de registro y vinculada a su firma mediante firma electrónica, la huella electrónica.

En la siguiente fase, una vez la oferta haya sido anunciada, se generará su huella electrónica y será volcada en *blockchain* mediante un algoritmo *Hash* que incluirá la información necesaria para distinguir a cada licitador que realiza la oferta, pero sin llegar a identificarlo, el contrato para que el hubiese presentado dicha oferta, el lote concreto y la fecha y hora en la que hubiese sido recibida la solicitud en el sistema. En dicho momento, toda la red conocerá de forma instantánea que las ofertas son presentadas, pero no el contenido de las mismas.

A continuación, el licitador envía los datos y documentación necesarios que integran su oferta, formalizando esta última, dentro de un plazo establecido. Una vez enviada la oferta, cada licitador podrá acceder desde su portal a las distintas huellas registradas en el sistema y al mismo tiempo, al contenido de las ofertas presentadas para cada contrato o lote. La ventaja del uso de la huella es que garantiza la inalterabilidad de la oferta ya presentada por el licitador, no pudiendo este modificarla al acceder a la del resto de licitadores.

Una vez se concluye el plazo de presentación de ofertas y antes de comenzar con la valoración de las mismas, se ofrece al gestor la posibilidad de admitir o excluir una

¹¹² Ibáñez Jiménez, J. (2019). Tecnología blockchain en las administraciones públicas: aplicación y cuestiones legales. *Actualidad Administrativa*, 7,

¹¹³ Tejedor, Bielsa. J. (2019). *La aplicación de la tecnología blockchain a la contratación pública*. III Congreso Anual del Observatorio de Contratación Pública. Universidad de Zaragoza.

oferta determinada, indicando el motivo exclusión o un comentario asociado. Aquellas ofertas que sean excluidas no deberán ser tenidas en cuentas para el proceso de valoración posterior.

En la fase de valoración, el *smart contract*, tiene en cuenta la configuración de los criterios; en lo que se refiere a fórmulas, valores máximos y mínimos, puntuaciones, ponderaciones y valoraciones para evaluar los criterios completados por cada licitador. El resultado obtenido, se debe registrar en *blockchain*, siendo asociado a la identidad del contrato o lote.

Finalmente, en la última fase, la valoración automatizada se considera propuesta de adjudicación, a expensas de que esta sea confirmada por el órgano de contratación con la previa supervisión del gestor. Como todo el proceso anterior, la adjudicación figurara en *blockchain* con el fin de garantizar la trazabilidad del mismo.

En la siguiente imagen se observa gráficamente la licitación a través de *blockchain*.¹¹⁴



Fuente: Gobierno de Aragón (2021).

5.3 Desarrollo y evolución del sistema de licitación electrónica con *blockchain* del Gobierno de Aragón (Expediente HAP_SGT_5/2021)

Con la puesta en marcha por el Gobierno de Aragón del servicio de registro distribuido de ofertas y su evaluación automatizada en contrataciones públicas por

¹¹⁴ Gobierno de Aragón (2018). *Pliego de Prescripciones Técnicas que ha de regir la Contratación de un Servicio de Registro Distribuido de Ofertas y Evaluación Automatizada de las Mismas*. Dirección General de Contratación, Patrimonio y Organización, pp. 4. <https://x.gd/YfQ82>.

procedimiento abierto simplificado «abreviado» (Expediente SCC 24/2018), quedó acreditado que existían en el mercado soluciones para licitaciones públicas electrónicas basadas en la técnica del “registro distribuido”, es decir, en tecnologías *blockchain*. Por ello, el pasado año 2021 se dio un paso más y se licitó el contrato de servicios de desarrollo y evolución del sistema de licitación electrónica con tecnología de Registro distribuido (*BLOCKCHAIN*) de la Comunidad Autónoma de Aragón.

Visto por tanto que la tecnología *blockchain* funciona y garantiza la presentación y evaluación de ofertas en procedimientos abreviados, con las debidas garantías de seguridad y de cumplimiento de la normativa contenida en la LCSP, se trataba ahora en palabras del Gobierno de Aragón de “profundizar en los conceptos desarrollados y crear una nueva herramienta de licitación electrónica utilizando *blockchain*. Esta nueva herramienta debe corregir las deficiencias del servicio actual y mejorar y ampliar sus funcionalidades”. En concreto, se pretende con esta nueva licitación corregir las deficiencias del servicio actual implementado en el Expediente SCC 24/2018, mejorando y ampliando sus funcionalidades.¹¹⁵

Dado que hasta 2021 la aplicación de la tecnología *blockchain* se limitaba a aquellos procedimientos abreviados, caracterizados por contener criterios de adjudicación cuantificables mediante la mera aplicación de fórmulas establecidas en los pliegos, este desarrollo licitado por el Gobierno de Aragón prevé que el sistema habrá de adaptarse también a aquellas licitaciones en que los criterios de adjudicación dependan de un juicio de valor. En estos supuestos, el *smart contract* utilizado para la valoración de las ofertas deberá permitir la incorporación de la valoración correspondiente a esos criterios de adjudicación subjetivos con carácter previo a la apertura de la parte de la oferta que contenga los valores correspondientes a los criterios de valoración automática (u objetivos), permaneciendo secretos hasta el momento de su apertura.

El contrato se adjudicó en septiembre de 2021 y una vez concluido el desarrollo e implantado el sistema, permitirá extender la aplicación de la tecnología *blockchain* a un mayor rango de licitaciones de contratos públicos en la Comunidad Autónoma.

¹¹⁵ Gobierno de Aragón (2021). *Pliego de Prescripciones Técnicas Desarrollo y Evolución del Sistema de Licitación Electrónica con Tecnología de Registro Distribuido (BLOCKCHAIN) de la Comunidad Autónoma de Aragón*, p. 4. <https://x.gd/WwEDM>.

Se trata, quizá, del mejor ejemplo de aplicación de la tecnología de registros distribuidos en la Administración Pública y la demostración práctica de que su implementación es posible.

6 APROXIMACIÓN AL RETO A TRAVÉS DE UNA CONSULTA PRELIMINAR AL MERCADO EN EL MARCO DE UNA COMPRA PÚBLICA PRE-COMERCIAL

A la vista de los antecedentes técnicos analizados y de las experiencias analizadas en el ámbito de la compra pública de soluciones basadas en la tecnología *blockchain*, se procede a continuación, a concretar una propuesta práctica que permita valorar, en un caso hipotético, la viabilidad técnica de la puesta en marcha de un *smart contract* en la fase de ejecución de un contrato de servicios de transporte urbano de viajeros para un Ayuntamiento previamente adjudicado.

Dado el carácter innovador del reto, se considera adecuado plantear la futura licitación en el contexto de una compra pública de innovación (CPI), y en particular, una compra pública pre-comercial (CPP), previa realización de una consulta preliminar de mercado (en adelante, CPM).

Para contextualizar esta propuesta práctica, primeramente, se procederá a justificar doblemente, por un lado, el porqué de optar por una compra pública de innovación (CPI), en la modalidad de compra pública pre-comercial; y, por otro, la necesidad de llevar a cabo una consulta preliminar. Justificados los aspectos anteriores, se abordará, en segundo lugar, el diseño propiamente dicho del contenido básico de la consulta preliminar a efectos de que la Administración contratante indague en el mercado qué soluciones existen desde la innovación tecnológica para satisfacer la necesidad planteada, y, en su caso, planificar, preparar y desarrollar la licitación.¹¹⁶

6.1 Justificación del reto en el marco de una compra pública precomercial

La compra pública de innovación (CPI) o *public procurement of innovation* es una actuación administrativa de fomento de I+D+i orientada a potenciar el desarrollo de nuevos mercados innovadores desde el lado de la demanda a través del instrumento de la contratación pública. Es decir, la CPI promueve la tecnología como medio efectivo para la obtención de productos y servicios novedosos, adaptados a las necesidades de la

¹¹⁶ González-Varas Ibáñez, S. (2017). *Tratado de Derecho Administrativo. Tomo III. Contratación Pública. Comentarios a la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público* (3ª Edición ed.). Thomson Reuters Civitas (270-272).

Administración a partir de la colaboración público-privada.¹¹⁷ En este punto, es importante dejar claro que la CPI no es un tipo contractual, ni un procedimiento de contratación, sino que se trata de un instrumento para fomentar la innovación desde el sector público a través de la contratación administrativa.

A la vista del estado actual de la ciencia con relación a las experiencias analizadas en el ámbito del sector público y, en particular, en el ámbito de la contratación, puede afirmarse que la tecnología *blockchain* y sus posibles implementaciones en el ámbito de la contratación pública encaja en el concepto de «innovación», definido en el artículo 2.1.22 de la Directiva 2014/24/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de febrero de 2014, sobre contratación pública, en los siguientes términos:

“«Innovación»: introducción de un producto, servicio o proceso nuevos o significativamente mejorados, que incluye, aunque no se limita a ellos, los procesos de producción, edificación o construcción, un nuevo método de comercialización o un nuevo método de organización de prácticas empresariales, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores, entre otros con el objetivo de ayudar a resolver desafíos de la sociedad o a apoyar la Estrategia Europa 2020 para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador.”

Asimismo, en el Manual de Oslo de 2018 de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) se define la innovación como “un producto o proceso nuevo o mejorado (o una combinación de ambos) que difiere significativamente de los productos o procesos anteriores de la unidad y que se ha puesto a disposición de los posibles usuarios (producto) o ha sido implantado por la unidad (proceso)”.

En el reto planteado, estaríamos claramente a un proceso nuevo o significativamente mejorado que buscaría, en nuestro caso, automatizar y mejorar la eficiencia de la fase de ejecución de los contratos públicos, que diferiría significativamente de la gestión tradicional respecto de la ejecución de los contratos adjudicados.

Asimismo, a partir del concepto de innovación planteado por la Directiva europea de contratación y el Manual de Oslo, se considera, además, que el reto planteado se ajusta plenamente a la noción de «contratación de innovación» propuesta recientemente por la

¹¹⁷ Carrillo Donaire, J.A. (2021). La compra pública de innovación: retos y oportunidades para el desarrollo de la I+d+i desde la demanda pública. *Revista IUS ET VERITAS*, 62.

Comisión Europea en su Comunicación, *Orientaciones sobre la contratación pública en materia de innovación* (C(2021) 4320 final). En esta Comunicación, la «contratación de innovación» de innovación se define como:

- “[...] toda contratación pública que reúna uno de los siguientes aspectos o ambos:
- la compra del proceso de innovación —los servicios de investigación y desarrollo— con resultados (parciales);
 - la compra de los resultados de la innovación.”

En el primer caso, estaríamos ante una compra pública pre-comercial, donde el poder adjudicador describe la necesidad a satisfacer, lo que lleva a empresas e investigadores interesados a desarrollar productos, servicios o procesos innovadores que aún no existen en el mercado para satisfacer dicha necesidad.

En el segundo, estaríamos ante una compra pública de tecnología innovadora (CPTI), donde el poder adjudicador, en lugar de adquirir productos comercialmente disponibles, actuaría como primer comprador y usuario pionero de un producto, servicio o proceso que es nuevo en el mercado y que incluye características sustancialmente nuevas.

El objeto de la CPTI es mucho más amplio, mientras que la CPP circunscribe tan solo a la compra de servicios de I+D+i dirigidos a conseguir unos resultados innovadores respecto a lo existente en ese momento en el mercado. Por esta razón se obviaría la CPTI para centrar la exposición en la CPP, cuyas características son más acordes a las necesidades que el Ayuntamiento quiere atender.

Dado que el reto planteado, consiste en una solución tecnológica –ejecución de contrato de servicios a través de un *smart contract*– cuya viabilidad no ha podido verificarse ni a nivel internacional, como nacional, a través de los casos de uso analizados en este trabajo, se considera que el objeto de la futura licitación consistiría precisamente en adquirir un proceso innovador que aún no existe en el mercado.

La CPP es un contrato de servicios de I+D en el que el comprador público no se reserva los resultados innovadores para su propio uso exclusivo, sino que comparte con la empresa adjudicataria los riesgos y beneficios derivados del proceso de creación,

desarrollo y ejecución de soluciones inexistentes hasta ese momento en el mercado.¹¹⁸ Su objetivo, por tanto, es llevar una idea a desarrollo a partir de pruebas, ensayos y el diseño de prototipos.¹¹⁹

En principio, la CPP está excluida del ámbito de aplicación del marco normativo (LCSP). No obstante, eso no impide que la CPP esté sujeta a los principios generales de la contratación administrativa (publicidad, transparencia, libre competencia...). Otro aspecto a tener en cuenta de este tipo de contratación es aquella relativa a la retribución del contrato, el cual no depende de los resultados obtenidos sino del proceso de innovación en si, por lo que el poder adjudicador debe abonar una cuantía fija en función de la estimación que las partes realicen, teniendo en cuenta los riesgos y beneficios.

6.2 Consulta preliminar al mercado sobre el reto planteado

Aunque acudir a una consulta preliminar al mercado resulta apropiado para cualquier tipo de contrato público, las especiales características de la CPP hacen que en este tipo de compras públicas con un contenido altamente innovador –como es el reto aquí propuesto donde no hay evidencia de experiencias previas, desde luego, aquí en España– resulte imprescindible acudir a este instrumento, en la medida en que el poder adjudicador carece internamente de los conocimientos técnicos y de mercado¹²⁰ para determinar *ex ante*, si dado el estado actual de la tecnología *blockchain* (aplicación de un *smart contract*) y dada la necesidad concreta a satisfacer (automatización y mejora de la eficiencia de la fase de ejecución de un contrato de servicios), la solución pretendida al reto planteado resultaría viable.

Las consultas preliminares al mercado, reguladas en el art. 115 LCSP, aparecen mencionadas por primera vez en las Directivas de contratación pública de 2014, indicando que los poderes adjudicadores podrán realizar consultas al mercado previas al inicio de un procedimiento de compra pública, con el objetivo de preparar la adquisición e informar a los operadores económicos de sus planes y requisitos de compra pública. Es decir, los poderes adjudicadores podrán buscar asesoramiento de expertos, autoridades independientes y de operadores del mercado. Ahora bien, dicho asesoramiento no debe

¹¹⁸ Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones (2007). *La contratación precomercial: impulsar la innovación para dar a Europa servicios públicos de alta calidad y sostenibles*

¹¹⁹ Carrillo Donaire (2021). Op. cit,

¹²⁰ De Guerrero Manso, M. (2017). La necesaria revisión del artículo 115 del proyecto de ley de contratos del sector público. En J. M. Jimeno Feliu (Coord.), *Observatorio de los Contratos Públicos 2016*. Thomson Reuters Aranzadi (147).

tener un efecto distorsionador sobre la competencia, en el sentido de que pueda violar los principios de no discriminación y transparencia.¹²¹

El objeto de la CPP es que la Administración interesada se asegure de que “el mercado, el estado de la técnica y la capacidad innovadora de las empresas pueden llegar a dar solución a esa necesidad que se pretende satisfacer”.¹²²

El principal beneficio que supone la consulta al mercado es la disminución de la brecha de comunicación entre la oferta y la demanda antes de iniciar el proceso de compra pública basado en un enfoque unilateral.¹²³ En otras palabras, toda la información que recabe el comprador público a través de la consulta, le permitirá decidir el procedimiento de compra pública más adecuada, adaptando los pliegos que habrán de regir la contratación del servicio y decidiendo el tipo de compra pública a utilizar (CPP o CPTI). Es decir, la consulta nos permitirá justificar la elección del procedimiento y de la estrategia a adoptar. En proyectos complejos como el aquí planteado, la consulta al mercado resulta particularmente útil, ya que si el poder adjudicador no cuenta con recursos o conocimientos propios que le permitan evaluar las ventajas o inconvenientes del proyecto, el mercado puede proporcionárselos.¹²⁴

Tras la realización de la consulta y, determinada, en su caso, la viabilidad técnica del reto planteado, la entidad adjudicadora deberá convocar la licitación en un procedimiento que tiene las siguientes fases¹²⁵:

- Primera. Organizar un encuentro público con el mercado por parte del comprador, lanzando consultas preliminares y anuncios de información previa con el fin de elaborar un mapa de demanda que ofrezca una primera definición del bien o servicio objeto del contrato, así como del proceso de I+D+i que pretende desarrollarlo.
- Segunda. La realización de un estudio de viabilidad por parte de la entidad consultante, en base a las propuestas recibidas tras el encuentro con el mercado.

¹²¹ Jaramillo Villacís, A.L. (2020). Compra Pública de Innovación: ¿Cómo preparar una consulta preliminar al mercado? *Observatorio Contratación Pública*. <https://www.obcp.es/opiniones/compra-publica-de-innovacion-como-preparar-una-consulta-preliminar-al-mercado>.

¹²² Carrillo Donaire, J. A. y Tarancón Babío, J. (2019). Concepto, sentido, objetivos y perspectivas de la compra pública de innovación. En J. Carrillo Donaire (coord.), *La Compra Pública de Innovación en la contratación del sector público*, Instituto Nacional de la Administración Pública.

¹²³ Jaramillo Villacís, A.L. (2020).

¹²⁴ Jaramillo Villacís, A.L. (2020).

¹²⁵ Carrillo Donaire, J.A. (2021). *Idem*.

- Tercera. La contratación de la propuesta cuyo estudio mostrase mejor viabilidad de acuerdo con la investigación y desarrollo que la oferta requiera.

7 CONTENIDO Y DESARROLLO DE LAS BASES DE LA CONVOCATORIA DE CONSULTA PRELIMINAR AL MERCADO EN EL MARCO DE UNA CPP PARA EL DESARROLLO UN SMART CONTRACT

Definido el reto, el objeto y las principales prestaciones del futuro *smart contract* a licitar, se procede a delimitar cuál sería el contenido básico de la consulta preliminar. A continuación, se describe el contenido de las bases de dicha convocatoria, que se intitularía «BASES DE LA CONVOCATORIA DE LA CONSULTA PRELIMINAR AL MERCADO EN EL MARCO DE UN PROYECTO DE COMPRA PÚBLICA PRE-COMERCIAL DE UN SERVICIO DE DESARROLLO DE SMART CONTRACTS PARA LA EJECUCIÓN DE CONTRATOS DE SERVICIOS DE TRANSPORTE ESCOLAR».

7.1 Antecedentes

La Directiva 2014/24/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 26 de febrero de 2014 sobre contratación pública (en adelante la Directiva de contratación) por la que se deroga la Directiva 2004/18/CE, destaca el papel clave que desempeña la contratación pública en la Estrategia Europa 2020, como instrumento que debe utilizarse para conseguir un crecimiento inteligente, sostenible e integrador, garantizando al mismo tiempo un uso más eficiente de los fondos públicos.

La citada Directiva de contratación recoge, por primera vez, en su artículo 40 las consultas preliminares del mercado, facultando a los poderes adjudicadores a realizar consultas antes de iniciar un procedimiento de contratación, con el objeto de preparar la contratación e informar a los operadores económicos acerca de sus planes y sus requisitos de contratación, siempre que dicho asesoramiento no tenga por efecto falsear la competencia y no dé lugar a vulneración de los principios de no discriminación y transparencia.

Por su parte, la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014 establece en su artículo 115 que los operadores de contratación podrán realizar estudios de mercado y dirigir consultas a los operadores económicos que estuvieran activos en el mismo con la

finalidad de preparar correctamente la licitación e informar a los citados operadores económicos acerca de sus planes y de los requisitos que se exigirán para concurrir al procedimiento. Este procedimiento aplica a todo tipo de contratos, especialmente a la Compra Pública de Innovación (en adelante, CPI).

La Administración X es consciente de la importancia de la innovación como motor de cambio y mejora de los servicios a los ciudadanos, apostando en consecuencia por la CPI como eje estratégico.

La CPI, en sus distintas modalidades, compra pública pre-comercial y compra pública de tecnología innovadora, resulta un instrumento útil para abordar el proceso de transformación digital de las Administraciones públicas, como este que exige el desarrollo de soluciones tecnológicas y la construcción de nuevas formas de organización y procesos, incluida, la propia gestión y desarrollo de los procedimientos de contratación, que deben ser demostradas en sus requisitos funcionales (de resultados, organización, económicos y contractuales) antes de su extensión y generalización al resto de la Administración.

Hasta ahora la utilidad de los *smart contracts* se ha limitado a implementarse a transacciones simples, fácilmente parametrizables y traducibles a fórmulas matemáticas.

Un *smart contract* es un programa informático configurado mediante instrucciones con la función de desplegar una acción automática sin necesidad de control humano. Las instrucciones contenidas han de tener la estructura *IF/THEN/ELSE*: si se cumple una circunstancia (IF), entonces se ejecuta la acción (THEN) y sino no se cumple la circunstancia, se ejecuta la otra acción prevista (ELSE).

En el ámbito de los procedimientos de contratación, no existen precedentes de su utilización en la ejecución de contratos de servicios, ni por tanto, en el ámbito del caso de uso propuesto, como sería la ejecución un contrato de servicios de transporte urbano escolar.

El objeto de esta actuación es el de ofrecer a la Administración la posibilidad de poder verificar a través de un sistema automático si se están cumpliendo determinadas prestaciones del contrato de servicio de transporte escolar por el adjudicatario y en función de si cumplen, ejecutar el pago (THEN) o por el contrario, suspenderlo temporalmente (ELSE).

Esta iniciativa pretende ser un referente que contribuya al desarrollo de contratos de este tipo en el ámbito de la contratación pública, y que permita analizar tendencias y buscar nuevas soluciones a los desafíos planteados por los *smart contracts*.

Para ello, la Administración X ha puesto en marcha una iniciativa para fomentar el proceso de compra pública innovadora en la modalidad de contratación pre-comercial, con el objeto de resolver necesidades públicas que no pueden ser satisfechas a través de soluciones ya existentes en el mercado. Se pretende que, a partir de los resultados de la consulta pública, la Administración disponga de información para definir las especificaciones técnicas que mejoren la definición y alcance de posibles proyectos a licitar.

La novedad de la propuesta es analizar, siquiera someramente y, desde luego, eludiendo la imprescindible definición y precisión de los aspectos de ingeniería informática y/o matemática del proyecto, la posibilidad de aplicar los *smart contract*, que hasta ahora, en España se ha centrado en la fase de licitación de los contratos públicos (ver apartados 2.4.2 y 2.4.3 del trabajo), a la fase de ejecución o cumplimiento de dichos contratos.

En virtud de lo anteriormente expuesto se convoca la presente Consulta Preliminar del Mercado (en adelante CPM) con sujeción a las siguientes bases:

7.2 Reto a resolver: automatización de la ejecución de un contrato de servicios de transporte escolar de alumnos de colegios públicos

A continuación, se presentan los aspectos específicos a tener en cuenta para el desarrollo del futuro *smart contract*:

7.2.1 Alcance del *smart contract*

El desarrollo del contrato inteligente se enmarca en la automatización de la ejecución de un contrato administrativo de servicios de Transporte Escolar de alumnos de Colegios Públicos del municipio X durante el curso lectivo.

A continuación, se describen las principales prestaciones del contrato de servicios cuya ejecución será objeto del futuro *smart contract*.

- (i) El objeto del contrato a automatizar es satisfacer la necesidad de desplazamiento de los alumnos desde los distintos centros docentes del municipio con las debidas condiciones de seguridad hasta el comedor existente en el Centro de Atención.
- (ii) Los itinerarios a considerar son los que se indican a continuación:

ITINERARIO 1.

Núm. de autobuses: 2. Núm. mínimo de plazas por autobús: 50.

Servicio: Recogerá a los alumnos de los colegios públicos 1 y 2; y del Colegio Concertado 1.

Recorrido: Colegio 1, Calle _____, Calle _____, Calle _____, Colegio 2, Avenida _____, Calle _____, Colegio Concertado, Plaza _____, Calle _____, Comedor.

Distancia: 3'25 Km.

ITINERARIO 2.

Núm. de autobuses: 1. Núm. mínimo de plazas por autobús: 50.

Servicio: Recogerá a los alumnos de los colegios públicos 3 y 4.

Recorrido: Colegio 3, Calle _____, Plaza _____, Calle _____, Avenida _____, Colegio 4, Calle _____, Calle _____, Calle _____, Comedor.

Distancia: 7,32 Km.

(iii) Número de alumnos que se prevé hagan uso del servicio:

- COLEGIO PÚBLICO 1: 24 alumnos.
- COLEGIO PÚBLICO 2: 30 alumnos.
- COLEGIO CONCERTADO 1: 20 alumnos.
- COLEGIO PÚBLICO 3: 22 alumnos.
- COLEGIO PÚBLICO 2: 19 alumnos.

No se pueden transportar más viajeros que los que determina el número de plazas de los autobuses, ni permitir el acceso al servicio de otros usuarios distintos de los debidamente acreditados, sin la autorización expresa del Ayuntamiento.

(v) Obligaciones del adjudicatario del contrato de servicios de transporte:

- El contratista deberá prestar el servicio todos los días lectivos del curso.
- El contratista deberá cumplir con los itinerarios establecidos para la prestación del servicio.
- El contratista debe comprometerse a que no se produzcan retrasos sobre los horarios previstos de recogida en cada punto (colegios) que superen los 10 minutos.

- Los vehículos que sean utilizados para llevar a cabo la prestación del servicio deberán haber pasado en los plazos establecidos las revisiones de la Inspección Técnica de Vehículos (ITV)

7.2.2 Objetivos y áreas de actuación del *smart contract*

Conocidos los aspectos técnicos del servicio, el objeto de esta consulta es determinar si las prestaciones del contrato que se especifican a continuación son susceptibles de verificación automatizada, sin intervención de personas, a través de los denominados oráculos.

Las prestaciones objeto de verificación a través del *smart contract*:

1.- VEHÍCULOS CON INSPECCIÓN TÉCNICA AL DÍA

Es objeto de la consulta si la Inspección Técnica de Vehículos (ITV) puede enviar al *smart contract* la información relativa al autobús de que se trate y si ello exige de la formación a su vez de un *smart contract* entre la ITV y el Ayuntamiento.

2.- PRESTACIÓN DEL SERVICIO

Es objeto de la consulta si pueden ser objeto de verificación automática, a través de aplicaciones informáticas de geolocalización, GPS incorporados a los vehículos, tarjetas expedidas a los usuarios y cualquier otro tipo de tecnología existente en el mercado, los siguientes hechos:

- Inicio, transcurso y finalización de los recorridos de cada uno de los itinerarios objeto de contrato.
- Hora exacta de recogida de los usuarios en los 5 colegios.
- Número de usuarios y verificación de su condición.

En resumen, es evidente que la ejecución de contratos de forma autónoma, debido en gran parte al estado de maduración de la tecnología, continúa limitando su aplicación a supuestos sencillos. Es por ello que la consecución de los objetivos se deberá resolver mediante el desarrollo de la tecnología hasta un nivel de prototipo precompetitivo mediante un futuro proceso de contratación pública.

Para llegar a dicho estado en el proyecto, se identifican los siguientes objetivos principales:

- Objetivo 1: Obtener información detallada y específica desde el punto de vista tecnológico del estado de la tecnología *blockchain* y *smart contract* y su

aplicabilidad al supuesto, así como de los aspectos técnicos que requiere su implementación.

- Objetivo 2: Proponer una valoración económica a las soluciones propuestas.

7.3 Objeto de la convocatoria

El objeto de esta consulta es conocer la posibilidad de integrar un *smart contracts* en la ejecución de los contratos de servicios, para verificar de forma automatizada el cumplimiento por parte del contratista de alguna de las prestaciones esenciales del contrato, de forma que se pueda a través de dichas verificaciones, autoejecutar aquellas condiciones predefinidas.

En particular, el objeto de la presente CPM es promover la participación de operadores económicos activos en el mercado en la presentación de propuestas innovadoras destinadas a dar respuestas al reto tecnológico consistente en el desarrollo de *smart contracts* para la ejecución de contratos de servicios de transporte urbano en los términos definidos en el apartado anterior.

7.4 Participantes

La convocatoria es abierta y se dirige a personas físicas o jurídicas, públicas y/o privadas, de manera individual o en unión temporal.

Se admitirá la presentación de varias propuestas por una misma persona, ya sea individualmente o de forma conjunta con otras.

7.5 Participación en la CPM

7.5.1 Presentación de las propuestas

Para la presentación de las propuestas, los proponentes seguirán las siguientes indicaciones:

- Los participantes deberán presentar propuestas de soluciones innovadoras para el reto descrito en esta convocatoria.
- Los participantes deberán formular sus propuestas cumplimentando el formulario que se encuentra en el Anexo I de la presente convocatoria.
- Las propuestas se enviarán a la siguiente dirección de correo electrónico: cpm@ayuntamiento.es. Esta será la única vía de comunicación con la administración
- En el asunto del correo deberá especificarse: CPM_XXXXXX

- Sólo se podrá enviar una versión de la propuesta de solución innovadora para cada reto.
- En caso de que una propuesta de solución innovadora se presente de forma conjunta por un grupo de entidades, deberá enviarse un único formulario por una única entidad jurídica que represente al resto.
- La Administración no tendrá ninguna obligación de apoyo o aceptación de las propuestas presentadas. De igual modo los costes económicos derivados de la participación en la convocatoria y de la elaboración de la propuesta correrán a cargo de los interesados.

7.5.2 Plazo

El plazo para la presentación de propuestas de soluciones innovadoras será de 45 días naturales contados a partir del día siguiente al de la publicación del correspondiente anuncio en el perfil del contratante radicado en la Plataforma de Contratación del Sector Público.

7.5.3 Idioma

El idioma oficial de esta CPM es el español. La comunicación con los participantes durante el procedimiento de consulta para responder a las preguntas que planteen se realizará en español.

7.6 Publicidad e información

La presente convocatoria será publicada en la Plataforma de Contratación del Sector Público y en el portal del contratante del Ayuntamiento disponible en <https://www.....> La documentación adicional y la información actualizada sobre la consulta estarán disponibles a través de los citados instrumentos.

En el curso de esta CPM, con el objetivo de garantizar la transparencia e igualdad de oportunidades entre los participantes, se podrán celebrar jornadas informativas, reuniones con los participantes y cualesquiera otras actuaciones de comunicación y difusión que se consideren oportunas.

7.7 Cierre

El cierre de la CPM se determinará para cada reto tecnológico cuando el Grupo Técnico de la CPM definido en el punto cuarto de esta convocatoria, estime que:

- Dispone de información suficiente para poder iniciar un eventual proceso de Compra Pública Precomercial.
- Considere que el reto no ha generado el suficiente interés en el mercado como para mantener la consulta, o
- Considere que la necesidad técnica para la que se plantea el reto se ha solventado de otra manera o ha dejado de ser prioritaria para la administración.

7.8 Grupo técnico

El Grupo Técnico será el responsable de la realización del proceso de CPM. El Grupo Técnico está integrado por representantes del Ayuntamiento y tendrá la siguiente composición:

Podrá contar con la participación de asesores técnicos externos, en caso de que se considere necesario.

El Grupo Técnico es el responsable de realizar, entre otras, las tareas preparatorias de la CPM, tareas de difusión, tareas de análisis y clasificación de las propuestas de soluciones innovadoras recibidas, tareas de recopilación de información relevante para la potencial futura licitación, decisión sobre el correcto curso de la consulta y propuesta de cierre.

7.9 Aplicación de los principios de transparencia, igualdad de trato, no discriminación y no falseamiento de la competencia

La participación en la presente CPM, los contactos mantenidos con los participantes y los intercambios de información se regirán por los principios comunitarios de transparencia, igualdad de trato y no discriminación. En ningún caso pueden tener como efecto restringir o limitar la competencia, ni otorgar ventajas o derechos exclusivos en una eventual licitación posterior de Compra Pública Precomercial en el ámbito del objeto de esta consulta.

El Grupo Técnico tomará las medidas apropiadas para garantizar el cumplimiento de los citados principios, tanto en el desarrollo de la CPM como en cualquier procedimiento de contratación posterior.

7.10 Resultado de la CPM

El Grupo Técnico estudiará las propuestas que se presenten y podrá utilizarlas, conforme a lo establecido en el artículo 126 de la Ley 9/2017 de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, para definir especificaciones funcionales o técnicas detalladas que se puedan emplear por la Administración en el marco de futuras licitaciones de Compra Pública Precomercial.

El Grupo Técnico elaborará un Informe de Conclusiones de la CPM en el que se detallarán las actuaciones realizadas. En todo caso, en el informe se relacionarán los estudios realizados y sus autores, las entidades consultadas, las cuestiones que se les han formulado y las respuestas a las mismas. El Informe de Conclusiones será publicado en la página web XXXX y en la Plataforma de Contratación del Sector Público.

7.11 Protección de datos personales y confidencialidad

La Administración pública será responsable del tratamiento de los datos personales de contacto de los participantes en el proceso, con la única finalidad de establecer un canal de comunicación con los proponentes durante el proceso de CPM.

Para asegurar la transparencia del proceso, la disponibilidad de la mayor información posible y el intercambio eficaz de experiencias y opiniones, los participantes harán constar expresamente su conformidad para que la administración mantenga accesible y actualizada la información necesaria, total o parcial, sobre sus propuestas, sin perjuicio de aquella que haya sido designada como confidencial.

Para ello, los participantes indicarán la documentación o la información técnica o comercial de su propuesta que tiene carácter confidencial en los puntos del Anexo I habilitados para ello, no siendo admisible que efectúen una declaración genérica afirmando que toda la información tiene carácter confidencial. Este carácter confidencial protege, en particular, los secretos técnicos y los aspectos confidenciales de las soluciones.

7.12 Derechos de propiedad intelectual

Las posibles ideas de soluciones que se presenten en el marco de la CPM no podrán mencionar una fabricación o una procedencia determinada o un procedimiento concreto, ni hacer referencia a una marca, a una patente o a un tipo, a un origen o a una producción determinados ya existentes.

El uso del contenido de las propuestas se limita exclusivamente a su posible inclusión en las especificaciones funcionales o técnicas de una eventual futura licitación de Compra Pública Precomercial.

7.13 Contratación pública

A partir de las ideas propuestas de soluciones innovadoras recogidas como resultado de esta CPM, la administración podrá definir las especificaciones técnicas y/o funcionales, que servirán de base para la definición, con el grado de concreción necesario, del objeto de contratación del correspondiente procedimiento de Compra Pública Precomercial posterior.

Este potencial futuro procedimiento estará abierto a todas las ofertas que cumplan, en su caso, las condiciones establecidas en los pliegos correspondientes, hayan o no participado en esta CPM.

8 RECOMENDACIONES FINALES

8.1 ¿Por qué es conveniente aplicar los *smart contracts* a la contratación pública?

La importancia del sector público en el ámbito europeo es evidente. Una gran parte del PIB de nuestros países la mueve el sector público. Descendiendo a lo que es contratación pública, ésta representa el 20% del PIB europeo. Por ello, la Unión entiende la contratación pública como una poderosa herramienta para llevar a cabo políticas de lo más diversas, entre las que se encuentra la de promover la innovación.

La calidad es la clave de este cambio de paradigma. Así se declaró en el Libro Verde de la Contratación pública en la Unión Europea¹²⁶ o en la Comunicación de la Comisión Europea 2020 ‘Una estrategia para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador’, denominada Estrategia 2020, que marca como objetivos de la Unión, entre otros, la investigación y la innovación. Esta estrategia obliga a adaptar los procedimientos administrativos a los avances que la tecnología pone a nuestra disposición.

El Libro Verde indica que “[e]l empleo de procedimientos electrónicos podría no solamente ampliarse para el cumplimiento de todas las obligaciones actualmente impuestas por las directivas (por ejemplo, la obligación de publicación), sino también, de manera mucho más radical, a todas las demás etapas de la adjudicación y ejecución de

¹²⁶ “Dado que las directivas sobre contratos públicos no contienen disposiciones específicas sobre tecnología de la información, las normas existentes serán, en la medida de lo posible, interpretadas para adaptar su aplicación a las posibles innovaciones.” Libro verde. La contratación pública europea: Reflexiones para el futuro. Apartado 4.26.

contratos públicos. De esta manera podrían efectuarse mediante un sistema enteramente electrónico la comunicación de los pliegos de condiciones y la presentación de ofertas, así como los intercambios de información durante la ejecución del contrato (incluidas facturas y pagos)”.¹²⁷ Es aquí, en la ejecución de los contratos, concretamente, en la verificación del cumplimiento de sus prestaciones donde puede entrar en juego la tecnología *blockchain* a través de los denominados *smart contract*. Especialmente si tenemos en cuenta que a diferencia de lo que ocurre con licitaciones o publicación de anuncios, corresponde a los poderes adjudicadores y operadores económicos y no a la Comisión Europea, implementar este tipo de aplicaciones.

8.2 ¿Por qué podemos considerar a *blockchain* y a los *smart contracts* una tecnología innovadora?

La Estrategia 2020 establecía como una de las tres prioridades para la Unión, el crecimiento inteligente, esto es, una economía basada en el conocimiento y la innovación. Esta Estrategia exige “explotar al máximo las TIC y asegurarse de que las ideas innovadoras puedan convertirse en nuevos productos y servicios”.¹²⁸

La Unión Europea entiende que “en su respectivo nivel, los Estados miembros necesitarán mejorar el entorno empresarial, especialmente para las PYME innovadoras, inclusive mediante contrataciones públicas que incentiven la innovación”.¹²⁹

En este contexto se enmarca la necesidad de promover acciones de colaboración públicos – privadas tendentes a desarrollar tecnologías, como ocurre con la basada en el *blockchain* o más específicamente, en los *smarts contracts*, que permitan mejorar los servicios públicos e incrementar el conocimiento en empresas y administraciones.

La incorporación de tecnología a la contratación pública permite la prestación de servicios de alta calidad e innovadores, contribuyendo al crecimiento económico inteligente y sostenible. Entendemos la tecnología *blockchain* y más concretamente la figura de los *smart contracts* como tecnología innovadora en el sentido de que permite, como ha demostrado el Gobierno de Aragón al aplicarla en la licitación de los contratos

¹²⁷ Comisión Europea (1996). *Libro verde. La contratación pública europea: Reflexiones para el futuro*. COM(96)583 final, apartado 4.25.

¹²⁸ Comisión Europea (2010). *EUROPA 2020. Una estrategia para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador* (COM/2010/2020 final).

¹²⁹ *Ibidem*.

públicos de la Comunidad, soluciones innovadoras -como garantizar el secreto de las ofertas y su valoración con arreglo a criterios objetivos- a problemas tradicionales.

8.3 ¿Por qué es el instrumento idóneo el uso de la compra pública precomercial para el caso de uso que hemos definido?

La compra pública precomercial (CPP) no está sometida a la normativa de contratación pública al quedar excluida del ámbito de aplicación de la Directiva 2014/24/UE. Esta circunstancia otorga a la entidad contratante más flexibilidad, aunque siga estando sujeta a los principios que rigen en la adjudicación de los contratos públicos (publicidad, concurrencia, transparencia, confidencialidad, igualdad y no discriminación y elección de la oferta económicamente más ventajosa).

Se trata, en definitiva, de un contrato de servicios de I+D, que produce un activo en la empresa que desarrolla el producto, satisfaciendo a la vez una necesidad pública de la administración contratante. El objeto de la CPP es el desarrollo de tecnologías inexistentes, lo que obliga a repartir beneficios y cargas entre organismo contratante y empresa prestataria del servicio.

A diferencia de lo que sucede con la compra pública de tecnología innovadora, cuyo objeto es mucho más amplio, la contratación pre-comercial se circunscribe exclusivamente a la compra de servicios de I+D+i dirigidos a conseguir unos resultados innovadores respecto a lo existente en ese momento en el mercado.

Por las razones expuestas, es especialmente apta para adquirir conocimientos que permitan la implementación de nuevas tecnologías en procedimientos administrativos, como es el caso de la contratación pública, pues se evita la inseguridad y el riesgo que supone licitar un contrato de servicios cuyas prestaciones quizá no estén en el mercado y su creación exija un esfuerzo técnico y económico que no se retribuya adecuadamente con el precio del contrato.

8.4 ¿Qué implicaciones tiene la aplicación de *smart contracts* en la fase de ejecución de los contratos?

Ya se ha indicado en el apartado 5.3 al analizar la aplicación de la tecnología *blockchain* en la presentación y valoración de ofertas de los contratos públicos de la Comunidad Autónoma de Aragón, que su implementación ha permitido la consecución de los objetivos planteados.

Lo que éste trabajo propone es dar un paso más y pasar del procedimiento administrativo de licitación y adjudicación de un contrato, -en el que el papel de la tecnología se centra, sobre todo, en encriptar la documentación, garantizar el proceso y valorar automáticamente ofertas-, a otra fase en la que esta tecnología disruptiva permita verificar la correcta ejecución de los términos del contrato, tal y como están previstos en los pliegos.

Se trataría de que el propio contrato se auto ejecute verificando el cumplimiento de horarios y recorridos de los autobuses y el número y condición de los usuarios, evitando la existencia de los inspectores de servicios necesarios para lleva a cabo estas tareas y con ello, mayores costes e ineficiencias.

El reto está planteado. Consultado el mercado y conocida y analizada la información que nos proporcione, el Ayuntamiento estaría en condiciones de decidir si desecha la iniciativa o por el contrario lleva este planteamiento a la realidad.

8.5 ¿Cuáles son los principales riesgos que plantea el uso de la tecnología *blockchain* al supuesto?

Como se ha indicó a lo largo del trabajo, existen dudas razonables acerca de la viabilidad de la tecnología *blockchain* en el ámbito administrativo. Buena prueba de ello, aparte de la escasa aplicación que ha tenido hasta ahora, son las prevenciones que el Gobierno mantiene sobre su aplicación y que se plasmaron en la disposición adicional sexta de la Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas, que rechaza, por razones de seguridad pública los sistemas de identificación basados en tecnologías de registro distribuido (*blockchain*) hasta tanto no sea legislada. Esta prohibición, aunque solo afecta a los sistemas de identificación y de firma, es una muestra clara de la necesidad de dar seguridad jurídica a esta tecnología, especialmente en ámbitos como la protección de datos de carácter personal.

Existen otros aspectos a considerar, como son los altos costes energéticos, especialmente sensible en el contexto económico internacional actual; o el riesgo de excluir de los procedimientos en que se implemente el *blockchain* a operadores económicos (pequeñas empresas y autónomos) poco digitalizados o con escaso grado de desarrollo tecnológico.

9 BIBLIOGRAFÍA

Agbo, C., Mahmoud, Q.H. y Mikael Eklund, J. (2019). *Blockchain Technology in Healthcare: A Systematic Review*. [Trabajo de investigación, Instituto Tecnológico de la Universidad de Ontario]. pp. 1-30. <https://www.mdpi.com/2227-9032/7/2/56>

Argelich Comelles, C. (2020). Smart contracts o Code is Law: soluciones legales para la robotización contractual. *Indret: Revista para el Análisis del Derecho*. nº2. pp. 1-41. <https://raco.cat/index.php/InDret/article/view/375133/468543>.

Arruñada, B. (2018). Limitaciones de blockchain en contratos y propiedad *Revista Crítica de Derecho Inmobiliario*, nº 769, <https://www.arrunada.org> › files › research

Barreda García, P.J. (2020). *Blockchain y tokenización para la inversión inmobiliaria en España* [Trabajo Fin de Grado, Universidad Politécnica de Madrid].

Bernal Blay, M.A. (2018). Blockchain, Administración y contratación pública. *ObCP: Observatorio de contratación pública*. <https://www.obcp.es/opiniones/blockchain-administracion-y-contratacion-publica>

Botto, A.S, Castrovinci, Z.S. (2018) « La blockchain negli appalti pubblici , come utilizzarla: i vantaggi», <https://www.agendadigitale.eu/procurement/la-blockchain-negli-appalti-pubblici-come-utilizzarla-i-vantaggi/>

Carbó Valverde, S. Rodríguez Fernández, F. (2019). Blockchain en la banca europea. *Cuadernos de Información Económica*. pp. 55-63.

Carrillo Donaire, J.A. (2021). La compra pública de innovación: retos y oportunidades para el desarrollo de la I+d+i desde la demanda pública. *Revista IUS ET VERITAS*. Nº62.

Collins, A. (2017). Four reasons to question the hype around blockchain. *World Economic Forum*. [Four reasons to question the hype around blockchain | World Economic Forum \(weforum.org\)](https://www.weforum.org/articles/2017/04/four-reasons-to-question-the-hype-around-blockchain/)

Collosa, A. (2021). ¿Blockchain para mejorar la Recaudación del IVA? – Parte 2. *Centro Interamericano de Administraciones Tributarias*. CIAT. <https://www.ciat.org/ciatblog-blockchain-para-mejorar-la-recaudacion-del-iva-parte-2/>

Cordero Valdavida, M. (2019). Blockchain en el sector público, una perspectiva internacional. *Revista Vasca de Gestión de Personas y Organizaciones Públicas*, (nº16), pp. 16-34.

Costa, P. (12 de julio, 2021). Nueva Ley 11/2021 de lucha contra el fraude fiscal (monedas virtuales). *Abogados Correa & Costa*. <https://correa-costa.com/2021/07/12/nueva-ley-11-2021-de-lucha-contra-el-fraude-fiscal-monedas-virtuales/>

Cuesta Galdón, L. (2019). *Informe jurídico sobre la realización de un Smart contract a una empresa de renting de vehículos electrónicos* [Trabajo Fin de Master, Universidad Carlos III de Madrid]. E-Archivo. <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/29377>.

De la Mata Muñoz, A. (2020). Fundamentos de Blockchain. *Blockchain Intelligence*, 16, pp. 1-22. https://blockchainintelligence.es/wp-content/uploads/2020/10/Articulo-doctrinal_Fundamentos-Blockchain_Almudena-de-la-Mata.pdf

Díaz Díaz, E. (20 de junio de 2019). Una aplicación jurídica del Blockchain: los Smart contracts. *LegalToday*. Una aplicación jurídica del Blockchain: los Smart contracts. *LegalToday*. <https://www.legaltoday.com/legaltech/novedades-legaltech/una-aplicacion-juridica-del-blockchain-los-smart-contracts-2019-06-20/>

Dolader Retamal, C., Bel Roig, J., y Muñoz Tapia, J.L., (2017). La blockchain: fundamentos, aplicaciones y relación con otras tecnologías disruptivas. *Economía industrial*, nº 405, pp. 33-40.

Espuga Torné, G. (2021). Compatibilidad y encaje legal de la tecnología blockchain con la normativa sobre protección de datos personales. *La Ley mercantil*, nº 84.

Ibáñez, Jiménez, J. (2019). Tecnología blockchain en las administraciones públicas: aplicación y cuestiones legales. *Actualidad Administrativa*. Nº7.

Ibáñez, L.D., O'Hara, K., Simperl, E. (2018), *On Blockchains and the General Data Protection Regulation*. University of Southampton. Pp. 1-13. https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:qhLexzZakgsJ:https://eprints.soton.ac.uk/422879/1/BLOCKCHAINS_GDPR_4.pdf&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=es

Fetsyak, I. (2020). Contratos inteligentes: análisis jurídico desde el marco legal español, [Universidad de la Rioja]. REDUR.

García Gil, V.J. (2021). *SMART CONTRACTS*. 18ª Edición del curso certificado experto/a legal en blockchain, Smart contracts, tokenización y criptoactivos.

García Melián, J.C. (2019). Blockchain y contratación pública estratégica, *Contratación Administrativa. Práctica* n.º 159. Pp. 6.

García Melián, J.C. (2019). Blockchain y smart contracts para la transparencia y la confidencialidad de los contratos públicos. *Actualidad Administrativa*, nº1, pp. 1-7.

Gitonga, M. (2017). Using Blockchain Technology to Eliminate Corruption in Developing Nations. *Coin Weez limitless possibilities*. <https://coinweez.com/using-blockchain-technology-eliminate-corruption-developing-nations/>

González-Meneses García-Valdecasas, M. (2019). Smart contracts ¿Una economía sin derecho contractual? Conferencia Dictada en el Colegio Notarial de Madrid, Salón académico, 7 de noviembre de 2019. <https://www.elnotario.es/academia-matritense-del-notariado/9760-smart-contracts-una-economia-sin-derecho-contractual>

González Pellicer, P. (2022). Voto electrónico y blockchain. ¿Una tecnología fiable para la democracia? *La Vanguardia*. <https://stories.lavanguardia.com/tecnologia/20220512/52385/voto-electronico-blockchain-seguridad>

Grigera del Campillo, S. (2021). Ciberseguridad y Blockchain. *Revista Blockchain e Inteligencia Artificial*, nº 2, pp. 85-94.

Group of States against Corruption (GRECO). (2019). *The opportunities and challenges of blockchain in the fight against government corruption*. <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:8LYkm8YCnvIJ:https://rm.co.e.int/19th-general-activity-report-2018-group-of-states-against-corruption-g/1680951d14&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=es>

Hasan, M (2018). Guía de Gobierno Abierto para Escépticos. *Open Government Partnership*. [SKEPTICS-GUIDE_20180710_ES.pdf \(opengovpartnership.org\)](https://www.opengovpartnership.org/wp-content/uploads/2018/07/SKEPTICS-GUIDE_20180710_ES.pdf)

Hernández Campos, E.M., (2021). Conflicto entre la tecnología blockchain y la normativa de protección de datos. *Economist & Jurist*.

<https://www.economistjurist.es/articulos-juridicos-destacados/conflicto-entre-la-tecnologia-blockchain-y-la-normativa-de-proteccion-de-datos-2/>

Illescas Avilés, R. (2022): El Reglamento MiCa: ¿un paso para la masificación del uso de los criptoactivos? *Cinco Días*. https://cincodias.elpais.com/cincodias/2022/05/09/legal/1652081472_413058.html

Jaramillo Villacís, A.L. (2020). Compra Pública de Innovación: ¿Cómo preparar una consulta preliminar al mercado? *Observatorio Contratación Pública*.

Legerén Molina, A. “Los contratos inteligentes en España (La disciplina de los smart contracts)”, *Revista de Derecho civil*, 2018, vol. 5, n.º 2, pp. 193-241.

Legerén Molina, A. Retos jurídicos que plantea la tecnología de la cadena de bloques. Aspectos legales de *blockchain*. *Revista de Derecho Civil*, 2019, vol. 6, nº 1, pp. 177-237.

Martín Meneses, A. (2021). *BLOCKCHAIN: aplicación en el Registro de la Propiedad e implicaciones en materia probatoria*. [Facultad de Derecho de la Universidad de la Laguna].

Meguerditchian, V. (March, 2017). Roadmap for Blockchain Standards. https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:oKO35r3Im_MJ:https://www.standards.org.au/getmedia/ad5d74db-8da9-4685-b171-90142ee0a2e1/Roadmap_for_Blockchain_Standards_report.pdf.aspx+&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=es

Merchan, M. (2019). Cómo funciona la emisión de títulos y diplomas en blockchain. *DiGital ReVolution*. <https://digitalrevolution.info/2019/04/16/como-funciona-la-emision-de-titulos-y-diplomas-en-blockchain/>

Morell Ramos, J. (21 de septiembre de 2016). Cómo crear un smart contract mediante términos y condiciones, *Términos y condiciones: Derecho tecnológico y Legaltech*, <https://terminosycondiciones.es/2016/09/21/como-crear-smart-contract-mediante-terminos-condiciones/>

Mougayar, W. (2016). *The Business Blockchain. Promise, Practice, and Application of the Next Internet Technology*. Wiley.

Nakamoto, S., *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*, 2008. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.

Palá Laguna, R. (2021). Criptoactivos: primeras regulaciones en el Derecho español (RDL 5/2021 y RDL 7/2021). <https://www.gap.com/publicaciones/criptoactivos-primeras-regulaciones-en-el-derecho-espanol/>

Palá Laguna, R. (8 de junio, 2022). Publicado el Reglamento sobre un régimen piloto de infraestructuras del mercado basadas en la tecnología de registro descentralizado. *Gómez-Acebo & Pombo*. <https://www.gap.com/publicaciones/publicado-el-reglamento-sobre-un-regimen-piloto-de-infraestructuras-del-mercado-basadas-en-la-tecnologia-de-registro-descentralizado/>

Piscini, E., Dalton, D. y Kehoe, L. (2018). *Blockchain & Ciberseguridad*. *Deloitte*. [https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/pe/Documents/risk/Blockchain%20CiberseguridadESP%20\(1\).pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/pe/Documents/risk/Blockchain%20CiberseguridadESP%20(1).pdf).

Porxas Roig, N. Conejero, M. (2018). Tecnología blockchain: funcionamiento, aplicaciones y retos jurídicos relacionados. *Actualidad jurídica Uría Menéndez*. n° 48, pp 24-36. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6635980&orden=0&info=link>

Quintana Cortés, J.L. (2020). La tecnología blockchain y su pretendida aplicación a la contratación pública como mecanismo para lograr mayor integridad. *Revista Española de Control Externo*, vol. XXII, n.º 64, pp. 152-173. <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/7776793.pdf>

Ramos Naveira, M., Barros Castro, J., Carrajo García, L., Vázquez González, G., (2019). Sistema de Intercambio de Información Clínica basado en Blockchain. *¿Quimera o realidad?*, n°128, pp. 32-34.

Rosales, F. (9 de julio de 2018). Qué es un Smart contract para un notario. *Blog Notario Francisco Rosales*. <https://www.notariofranciscorosales.com/smart-contract-y-la-maquina-de-pinball/>

Ruiz de los Mozos, S. (2022). Cómo el 'blockchain' está revolucionando las cadenas de suministros hacia la sostenibilidad. *El Español*. https://www.elespanol.com/enclave-ods/opinion/20220221/blockchain-revolucionando-cadenas-suministros-sostenibilidad/651314889_13.html.

Santiago Moreno, I. (2019). *La nueva economía Blockchain y criptomonedas en 100 preguntas*. Nowtilus. pp. 151.

Smart Dubai Department. (s.f). “Dubai Blockchain Strategy”. Government of Dubai. https://theblockchaintest.com/uploads/resources/Smart_Dubai_-_Dubai_Blockchain_Strategy.pdf

Solé, R. (20 de junio de 2021). Smart contracts: contratos inteligentes para criptomonedas. ¿Son realmente contratos inteligentes? *Profesional review*. https://www.profesionalreview.com/2021/06/20/que-son-smart-contract/#Caracteristicas_de_los_smart_contracts

Stark, J. (4 de junio de 2016). Making sense of blockchain smart contracts, *Coindesk*, <https://www.coindesk.com/making-sense-smart-contracts>

Szabo, N. (1994). Smart contracts. *Fon Hum Uva*. https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LO_Twinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart.contracts.html

Tamés Llana, A., (2018). Blockchain: La disrupción del rol del paciente en el ámbito de la salud. *I+S: Revista de la Sociedad Española de Informática y Salud*, nº128, pp. 8-11. <https://seis.es/revista-no-128/>.

Tejedor, Bielsa. J. (2019). *La aplicación de la tecnología blockchain a la contratación pública*. III Congreso Anual del Observatorio de Contratación Pública. Universidad de Zaragoza.

Tejedor Bielsa, J. (2021). Transformación digital, blockchain, inteligencia artificial. Referencias y experiencias en Aragón. *European Review of Digital Administration & Law*, Volume 2, (Issue 2), pp. 59-74. <https://www.erdalreview.eu/publicazioni/estratti/10.53136/97912599475298-transformacion-digital-blockchain-inteligencia-artificial-referencias-y-experiencias-en-aragon-estratto.html>

Wiese, L. (2021). The Use of Blockchain in Public Administration. *European Review of Digital Administration & Law. ERDAL*. Volume 2, (Issue 2), pp. 31-36. <https://www.erdalreview.eu/publicazioni/estratti/10.53136/97912599475294-the-use-of-blockchain-in-public-administration-estratto.html>

Xu, M. Tian, Y. and Li, J. (2018). *Blockchain. An Illustrated Guidebook to Understanding Blockchain*. Skyhorse Publishing.

9.1 Infografías

Gobierno de Aragón. (2021). Pliego de prescripciones técnicas del contrato.

Pereira. C. (2021). *Bitcoin, Blockchain y el contexto de la crisis financiera global*. LatAmTech Innovación Financiera. <https://latamtech.finance/2021/01/27/bitcoin-blockchain-y-el-contexto-de-la-crisis-financiera-global/>

Mr Houston Tech Solutions (2021). *Blockchain: ¿Qué es y cómo funciona?* <https://mrhouston.net/noticias/blockchain-que-es-y-como-funciona/>

Xu, M. Tian, Y. and Li, J. (2018). *Blockchain. An Illustrated Guidebook to Understanding Blockchain*. Skyhorse Publishing.

ANEXO DE NORMATIVA

- Reglamento UE 2016/679 del Parlamento europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016 relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la Directiva 95/46/CE (Reglamento General de Protección de Datos).
- Reglamento (UE) 2022/858 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2022 sobre un régimen piloto de infraestructuras del mercado basadas en la tecnología de registro descentralizado y por el que se modifican los Reglamentos (UE) 600/2014 [MiFIR] y (UE) 909/2014 [DCV] y la Directiva 2014/65/UE [MiFID II].
- Reglamento (CE) n.º 593/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de junio de 2008, sobre la ley aplicable a las obligaciones contractuales (Roma I).
- Directiva (UE) 2018/843 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva (UE) 2015/849 relativa a la prevención de la utilización del sistema financiero para el blanqueo de capitales o la financiación del terrorismo, y por la que se modifican las Directivas 2009/138/CE y 2013/36/UE.
- Real Decreto-ley 14/2019, de 31 de octubre, por el que se adoptan medidas urgentes por razones de seguridad pública en materia de administración digital, contratación del sector público y telecomunicaciones
- Real Decreto-ley 7/2021, de 27 de abril, de transposición de directivas de la Unión Europea en las materias de competencia, prevención del blanqueo de capitales, entidades de crédito, telecomunicaciones, medidas tributarias, prevención y reparación de daños medioambientales, desplazamiento de trabajadores en la prestación de servicios transnacionales y defensa de los consumidores.
- Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas.
- Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público.
- Ley 11/2021, de 9 de julio, de medidas de prevención y lucha contra el fraude fiscal, de transposición de la Directiva (UE) 2016/1164, del Consejo, de 12 de julio de 2016, por la que se establecen normas contra las prácticas de elusión fiscal que inciden directamente en el funcionamiento del mercado interior, de modificación de diversas normas tributarias y en materia de regulación del juego.

- Real Decreto de 24 de julio de 1889 por el que se publica el Código Civil.