

Marc Santandreu Parejo

**LA NATURALESA JURÍDICO-CIVIL DELS *SMART*
CONTRACTS I LES SEVES IMPLICACIONS
TRIBUTÀRIES**

TREBALL FINAL DE MÀSTER

Director: Dr. Albert Gómez Jordán

Tarragona

2023

Aquest TFM s'ha realitzat en la modalitat (marcar l'opció que correspongui i completar)

Article científic

La recerca es presenta seguint les normes per a autors previstes en la revista *GLOSSAE. European Journal of Legal History*.

<https://glossae.eu/glossaeojs/about/submissions>

Treball d'investigació

RESUM: L'estudi aborda la naturalesa jurídica dels *smart contracts*, que són contractes digitals executats automàticament a través de la tecnologia *blockchain*, i les seves implicacions tributàries. En concret, s'explora la tecnologia *blockchain*, les seves característiques i la seva relació amb els *smart contracts*; es discuteix la naturalesa jurídica dels *smart contracts*, el seu funcionament, les seves tipologies, les aplicabilitats, i se'n destaca la fase executiva; s'analitza part de la seva problemàtica jurídica; es du a terme una aproximació a la seva tributació fent especial atenció a un impost concret. Finalment, es presenten les conclusions més rellevants i s'ofereixen unes reflexions sobre la temàtica en qüestió.

PARAULES CLAU: *Smart contracts* - contracte legal intel·ligent – *blockchain* – execució automàtica – problemàtica legal – taxació.

RESUMEN: : El estudio aborda la naturaleza jurídica de los *smart contracts*, que son contratos digitales ejecutados automáticamente a través de la tecnología *blockchain*, y sus implicaciones tributarias. En concreto, se explora la tecnología *blockchain*, sus características y su relación con los *smart contracts*; se discute la naturaleza jurídica de los *smart contracts*, su funcionamiento, sus tipologías, las aplicabilidades, y se destaca la fase ejecutiva; se analiza parte de su problemática jurídica; se lleva a cabo una aproximación a su tributación haciendo especial atención a un impuesto concreto. Finalmente, se presentan las conclusiones más relevantes y se ofrecen unas reflexiones sobre la temática en cuestión.

PALABRAS CLAVE: *Smart contracts* - contrato legal inteligente – *blockchain* – ejecución automática – problemática legal – tasación.

ABSTRACT: The study addresses the legal nature of smart contracts, which are digital contracts automatically executed through blockchain Technology, and their tax implications. Specifically, it explores blockchain technology, its characteristics and its relationship with smart contracts; it discusses the legal nature of smart contracts, how they work, their typologies, their applicability, and highlights the execution phase; part

of their legal problems are analyzed; an approach to their taxation is carried out with special attention to a specific tax. Finally, the most relevant conclusions are presented and some reflections on the subject are offered.

KEY WORDS: Smart contracts - intelligent legal contract – blockchain - automatic execution - legal issues - taxation.

ÍNDEX

I. Abreviatures	8
II. Introducció.....	9
III. La tecnologia <i>Blockchain</i> com a base dels <i>smart contracts</i>	11
3.1. Característiques	11
3.2. Funcionament.....	14
3.3. Quina relació té amb els <i>smart contracts</i> ?.....	16
IV. Naturalesa jurídica dels <i>smart contracts</i>	17
4.1. <i>Smart contract</i> v. contracte legal intel·ligent	17
4.2. Funcionament dels <i>smart contracts</i>	21
4.3. La tipologia dels <i>smart contracts</i>	23
4.4. L'aplicabilitat dels <i>smart contracts</i>	25
4.5. La fase executiva	27
V. Problemàtiques jurídiques dels <i>smart contracts</i>	28
5.1. El consentiment en la seva elaboració.....	28
5.2. La capacitat legal	29
5.3. La irreversibilitat de l'execució automàtica.....	29
5.4. L'incompliment i la conseqüent responsabilitat	31
5.5. Les implicacions en el dret internacional privat: tribunal competent i llei aplicable.....	32
A) Tribunal competent	32
B) Llei aplicable	33
VI. La tributació en els <i>smart contracts</i>	33
6.1. El ITPAJD: idees generals	34
6.2. Els actes jurídics documentats.....	34
6.3. Els <i>smart contracts</i> i l'AJD en els documents mercantils	35
6.4. Els reptes en la tributació dels documents mercantils.....	35

VII. Conclusions	36
VIII. Bibliografia	40

I. Abreviatures

AJD	Actes jurídics documentats
ALC	Application Logic Contracts (en català: contractes d'aplicació lògica)
art.	Article
BTC	Bitcoin
CEO	Chief Executive Officer (en català: executiu en cap)
DAO	Decentralized Autonomous Organizations (en català: organitzacions autònomes descentralitzades)
DLT	Distributed Ledger Technology (en català: llibres de registres distribuïts)
et al	et alii / et aliae / et alia (en català: i altres)
i.e.	id est (en català: és a dir)
ICO	Initial Coin Offering (en català: oferta inicial de moneda)
ID	Identificació
IoT	Internet of Things (en català: internet de les coses)
ITPAJD	Impost sobre Transmissions Patrimonials i Actes Jurídics Documentats
LITPAJD	Llei de l'Impost sobre Transmissions Patrimonials i Actes Jurídics Documentats
op. cit.	opus citatum / opere citato (en català: obra citada)
p./pp.	pàgina/pàgines
RITPAJD	Reglament de l'Impost sobre Transmissions Patrimonials i Actes Jurídics Documentats

II. Introducció

La tecnologia *blockchain* ha revolucionat la forma en què realitzem transaccions i interaccionem en l'era digital. Aquesta innovadora tecnologia, que va sorgir amb l'aparició de la criptomoneda Bitcoin, ha transcendit més enllà dels simples pagaments i ha obert un món de possibilitats en termes de contractació i gestió d'acords. En aquesta línia apareixen els anomenats *smart contracts*, els quals són un mecanisme clau de la tecnologia *blockchain* que ofereixen una solució descentralitzada per gestionar acords i transaccions de manera eficient i segura, sense necessitat d'intermediaris. Alguns dels principals avantatges dels *smart contracts*, tal com analitzarem més endavant, són la seva immutabilitat i l'execució automàtica sense intervenció de tercers. Ara bé, justament aquests avantatges poden comportar, alhora, algunes problemàtiques.

L'objectiu del present estudi és la determinació de la naturalesa jurídic-civil dels *smart contracts* a través de l'anàlisi de les seves particularitats, característiques, formes de creació i d'execució, tipologies, etc. Una vegada determinada la seva naturalesa, el treball se centra en l'anàlisi de les implicacions directes dels *smart contracts* en l'àmbit tributari. Aquesta última és una qüestió d'interès donat que els *smart contracts* cada vegada més estan substituint a les operacions tradicionals; i per això hem considerat necessari que el treball també inclogui una anàlisi d'aquesta figura (en el marc de les noves tecnologies) en el sistema del sistema tributari actual.

La metodologia utilitzada per a elaborar el treball ha estat essencialment l'anàlisi de la doctrina relacionada amb els *smart contracts*, tant des d'una perspectiva jurídica com tecnològica. Degut a que ens trobem amb una figura jurídica novedosa, l'anàlisi ha cmprès diverses fonts d'informació, com llibres, articles de revistes i pàgines web especialitzades. A més a més, s'ha realitzat una cerca jurisprudencial per aprofundir en les discussions relacionades amb els *smart contracts* que hagin pogut arribar als tribunals i, en conseqüència, aprendre de les solucions manifestades. No obstant això, encara no s'ha donat lloc a una casuística jurisprudencial sobre l'objecte d'anàlisi dins del sistema judicial espanyol.

El treball s'estructura en quatre parts. En la primera d'elles es realitza una explicació general de la tecnologia *blockchain*, sobre tot de les seves característiques i funcionament, així com de la seva relació amb els *smart contracts*. En segon lloc, es discuteix sobre la naturalesa jurídic-civil d'aquesta figura i es dona un concepte, enfrontant-lo al de "contracte legal intel·ligent". Així mateix, es tracta seu funcionament, es ressenyen les diferents tipologies existents i la seva aplicabilitat, així com el funcionament de la seva fase executiva. En tercer lloc, s'examinen les problemàtiques derivades dels *smart contracts*, com per exemple el consentiment, la irreversibilitat o la responsabilitat davant d'incompliments. En quart lloc, es realitza un breu aproximació a la implicació dels smart contracts en l'àmbit fiscal, fent especial atenció a la tributació en l'impost d'actes jurídics documentats i els reptes que es presenten. Finalment, el treball desemboca en unes conclusions il·lustratives del contingut i anàlisi portats a terme en aquest estudi.

III. La tecnologia *Blockchain* com a base dels *smart contracts*

3.1. Característiques

L'origen de la tecnologia *blockchain* es pot rastrejar fins al notori document de Satoshi Nakamoto l'any 2008 on es va introduir la *blockchain* inicial, el *Bitcoin*, la primera criptomoneda.¹ Aquest document ja feia referència a un mecanisme a través del qual es podrien du a terme transaccions entre dos agents sense la necessitat de comptar amb una autoritat o institució que actuï com entitat compensadora o validadora de la transacció. Així doncs, veiem com aquest sistema es va materialitzar l'any 2009 amb el naixement de la xarxa *Bitcoin* que seria la primera xarxa *Blockchain*.²

Malgrat la idea anterior, *Blockchain* no és *Bitcoin*; és una tecnologia amb usos molt més enllà de les conegudes monedes virtuals i, el seu funcionament, dista del model de confiança que regeix en la nostra cultura i el nostre dret.³

En essència, és una base de dades distribuïda, la informació de la qual és pública i es caracteritza per la seva encriptació, compartició, irreversibilitat i incorruptibilitat. Per tant, les dades que conté són inalterables i estan disponibles electrònicament per a la seva verificació en qualsevol moment.⁴

Podem afirmar breument que la *blockchain* tracta d'una gran base de dades o llibres de registres digitals distribuïts, els quals contenen registres de transaccions i que estan vinculats criptogràficament, protegits i emmagatzemats en blocs.⁵ Per aquest motiu, la *blockchain* és la base dels *smart contracts*, la qual no disposa d'autoritat central i la seva

¹ Hawlitschek, F., Notheisen, B., i Teubner, T., "The limits of trust-free systems: A literature review on blockchain technology and trust in the sharing economy", *Electronic commerce research and applications* 29 (2018), pp. 50-63

² Conejero, M. i Porxas, N., "Tecnología blockchain: funcionamiento, aplicaciones y retos jurídicos relacionados", *Actualidad Jurídica Uría Menéndez* 48 (2018), p. 24

³ Conejero, M. i Porxas, N., *op. cit.*, p. 24

⁴ Reinhart Schuller, R., "Criptoactivos: Categorización jurídica de los criptoactivos e introducción a la tecnología DLT/Blockchain", *Cuadernos de Derecho Transnacional* 2 (2022), pp. 739-740

⁵ Pilkington, M., "Blockchain Technology: Principles and Applications", *Research Handbook on Digital Transformations* (2016), pp. 1-39

capacitat permet que qualsevol persona escrigui en ella, transformant la manera en què es comparteix i es valida la informació.⁶

Aquesta permet la utilització de bases de dades de manera descentralitzada (o distribuïda) a través d'un protocol informàtic de codi obert el qual no necessita una autoritat central (aquell amb qui tots confien i que té un control total sobre el sistema intervenint en totes les transaccions) que actuï com a garant de la seva correcció i com a intermediari en les transaccions realitzades sobre la seva base. En conseqüència, podem dir que se separa del sistema centralitzat i el que fa és crear xarxes per compartir llibres de registres de transaccions electròniques, les quals es distribueixen entre tots els participants de la xarxa; que, alhora, s'encarreguen del seu funcionament.⁷

En aquestes xarxes, cada un dels nodes o usuaris, és a dir, cada ordinador o, més ben dit, cada computadora, té una còpia original del llibre registre podent ser capaç de determinar si les operacions sol·licitades pels altres es poden realitzar. Per tant, són els mateixos usuaris els que tenen el control del registre havent-se desenvolupat com una base de dades al respecte i els que, alhora, validen les transaccions.

La forma de validar aquestes transaccions és per consens, és a dir, quan la majoria dels usuaris (davant d'una actualització del llibre registre) arriben a la decisió individual de la majoria d'acceptar l'operació. Aleshores, el contingut que s'aprova queda incorporat al registre per la pròpia decisió del grup; per tant, no cal que una autoritat central intervingui com si fos una entitat validadora o certificadora de la informació. Amb altres paraules, quan els nodes consensuen la inclusió d'una nova transacció en el llibre registre, aquest s'actualitza i la nova versió esdevé ferma.⁸

Les característiques de la tecnologia *blockchain* són tres:

- 1) **Transparència:** tots els usuaris tenen accés al llibre registre de transaccions, encara que en alguns casos els usuaris no necessiten identificar-se de forma personal per accedir i operar en la corresponent *blockchain*.

⁶ Reinhart Schuller, R., "Criptoactivos: Categorización jurídica de los criptoactivos e introducción a la tecnología DLT/Blockchain", *Cuadernos de Derecho Transnacional 2* (2022), pp. 739-740

⁷ Conejero, M. i Porxas, N., *op. cit.*, p. 25

⁸ Conejero, M. i Porxas, N., *op. cit.*, pp. 25-26

- 2) Irrevocabilitat: un cop la informació s'incorpora a una *blockchain*, en general, no és possible eliminar-la.
- 3) Immutabilitat: el contingut de la *blockchain* és immutable a causa de l'encadenament successiu dels blocs basat en la criptografia (els *hash*).

Ara bé, hi ha altres paràmetres que els desenvolupadors tenen en compte a l'hora de configurar aquestes xarxes depenent de la funció a la qual cada xarxa vulgui ser destinada. En particular, en funció de les decisions sobre alguns d'aquests paràmetres, les *blockchains* poden ser públiques o privades:

- Les *blockchains* públiques no exigeixen als usuaris el compliment de cap requisit per poder unir-se a elles, i no existeix cap jerarquia entre els nodes.
- Les *blockchains* privades estan limitades a un grup d'actors que tenen accés i poden afegir transaccions al llibre registre.

En conseqüència, pot ser totalment profitós la utilització d'aquesta tecnologia en aquelles activitats on es requereix emmagatzemar dades al ser aquestes compartides donant accés a les parts corresponents sense que hagin de tenir confiança entre elles.⁹

L'avantatge principal de la tecnologia *blockchain* seria que el llibre registre pot proporcionar als usuaris informació oportuna, precisa i immutable, emmagatzemada de manera transparent, sense intermediaris.¹⁰ Ara bé, no s'ha de deixar de banda els inconvenients que alhora comporta aquesta tecnologia, com per exemple el fet de redactar incorrectament un *smart contract*, donat que és irreversible¹¹; o que els usuaris de la xarxa no tenen a ningú a qui recórrer per obtenir ajuda quan es realitzen transaccions sense la implicació d'un tercer; o el fet de perdre les claus privades de les carteres de criptomonedes, ja que només les coneixen els propis propietaris d'aquestes sense que

⁹ Conejero, M. i Porxas, N., *op. cit.*, pp. 27-29

¹⁰ Liu, N i Ye, Z., "Empirical research on the blockchain adoption - based on TAM", *Taylor & Francis journals* 37 (2021), pp. 4263-4275

¹¹ Karamchandani, A., Kumar, S., Srivastava, A. i Srivastava, S. K., "Analysing perceived role of blockchain technology in SCM context for the manufacturing industry", *International Journal of Production Research* 11 (2021), pp. 3398-3429

existeixi cap autoritat central a qui demanar un restabliment d'aquesta clau o una "pista".¹²

En qualsevol cas, val a dir que la *blockchain* permet una organització social de forma oberta, descentralitzada, sense intermediaris, intel·ligent, sense necessitat de confiança i criptogràfica.¹³

3.2. Funcionament

Totes les transaccions que es duen a terme durant un període de temps formen paquets amb la informació corresponent, anomenats blocs, i aquests es van afegint al llibre registre quan es van formant.¹⁴ Aleshores, cada transacció rep una ID única i, quan es valida, s'afegeix a un nou bloc al final de la cadena, és a dir, un rere l'altre a mesura que s'aproven, formant una cadena entre ells, motiu pel qual s'anomena *blockchain* (cadena de blocs). Cal recordar de les característiques que, tan bon punt una transacció s'afegeix a la *blockchain*, no es pot canviar i es converteix en un registre immutable de transaccions anteriors.¹⁵

Els que validen les transaccions, la creació dels blocs i la seva consegüent incorporació al registre distribuït són els nodes validadors. En primer lloc, comparen la seva versió del registre amb les transaccions proposades pels usuaris per verificar que els comptes del remitent i del receptor existeixen. En segon lloc, corrobora que el remitent disposa dels fons suficients per transferir. En tercer lloc, en funció de si aquestes són coherents o no, la registren en un bloc. En quart lloc, el bloc en el qual s'ha registrat es

¹² Blackman, R., *Why blockchain's ethical stakes are so high*, 10 de maig de 2022. https://hbr.org/2022/05/why-blockchains-ethical-stakes-are-so-high?utm_medium=email&utm_source=bigidea_web3&utm_campaign=promo_20220512&utm_content=bilist&deliveryName=DM192703. (Data de consulta: 6 de juny de 2023).

¹³ Bodó, B., Gerbais, D., i Quintais, J. P., "Blockchain and smart contracts: the missing link in copyright licensing?", *International Journal of Law and Information Technology* 26 (2018), p. 312

¹⁴ Conejero, M. i Porxas, N., *op. cit.*, p. 26

¹⁵ Boukis, A., "Exploring the implications of blockchain technology for brand-consumer relationships: a future research agenda", *The Journal of Product & Brand Management* 3 (2020), p. 308 ; Nakamoto, S., *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*, 1 de novembre de 2008. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>. (Data de consulta: 6 de juny de 2023) ; i, Hawlitschek, F., et al., *Ob. Cit.*, pp. 50-63

porta a l'aprovació dels diferents nodes i, si la majoria d'aquests no accepten el contingut, no es registra. No obstant això, cal tenir present que, quan un bloc s'inclou en el registre, aquest no pot eliminar-se de cap manera i requereix d'un atac simultani a un percentatge significatiu de còpies del registre per alterar-lo, donat que coexisteixen al mateix temps en els ordinadors de tots els usuaris.¹⁶

A continuació, trobareu un exemple pràctic d'una transacció simple amb *Bitcoins* per tal de facilitar l'enteniment del seu funcionament:

“Imaginemos ahora que A, un usuario de una red blockchain, desea realizar una transferencia de dos bitcoins (BTC) a otro usuario de la red, B. Para poder realizar la transferencia, A y B deben descargar previamente el software correspondiente para acceder a la concreta red blockchain (Bitcoin, en nuestro ejemplo); obtener las claves criptográficas que servirán para «firmar» y descryptar los mensajes enviados a la red; y crear una cuenta en un monedero virtual (wallet) a través de Internet. Una vez que cumplan con estos requisitos, los pasos a seguir serán los siguientes:

1. A propondrá una transacción al resto de los nodos, consistente en que dos BTC registrados en su cuenta pasen a estar registrados en la cuenta de B y se eliminen de la suya. El mensaje de A incluirá (i) la cantidad de BTC a transferir (aquí, 2) y (ii) la dirección a la que se transferirán (cuenta de B).

2. El mensaje con la transacción propuesta será recibido de forma encriptada por los nodos validadores, que verificarán (i) que la proposición de transacción ha sido enviada por el usuario que debe transferir los BTC (en nuestro caso, por A), (ii) que el usuario dispone de la cantidad de BTC que desea transmitir y (iii) que el usuario destinatario existe.

3. Si el mensaje de A es correcto, los nodos validadores calcularán su hash. El hash, equiparable a una huella dactilar o elemento específico de cada transacción, permite identificar una transacción de forma individualizada, puesto que se obtiene a partir de su concreto contenido y es único.

¹⁶ Conejero, M. i Porxas, N., *op. cit.*, pp. 26-27

4. La transacci3n verificada se incluir3 en un bloque, es decir, en un paquete de informaci3n que contiene las 3ltimas transacciones recibidas y verificadas en un determinado lapso de tiempo. Cada bloque incluye:

a. el hash del bloque anterior;

b. el hash ra3z: el hash resultante de aplicar el algoritmo al conjunto de los hash de todas las transacciones que integran el bloque;

c. el sello temporal del bloque (i.e., d3a y hora en que el bloque se ha aprobado);

y

d. el hash del propio bloque: aplicar la funci3n hash al conjunto de (a, b y c).

5. Antes de poder «cerrar el bloque» e incluirlo en la cadena, el nodo validador realiza c3lculos para resolver un problema matem3tico consistente en hallar una combinaci3n num3rica (el llamado *nonce*), que debe colocarse al inicio del hash y que solamente puede ser resuelto mediante prueba y repetici3n.

6. La nueva versi3n del libro registro es remitida a todos los nodos.”¹⁷

3.3. Quina relaci3 t3 amb els *smart contracts*?

Els *smart contracts*, tot i que ja entrarem al detall m3s endavant, s3n codis inform3tics on s’estipulen regles o acords pactats entre diferents parts per la seva execuci3 autom3tica. Aleshores, aquests contenen instruccions per tal que, quan es doni una circumst3ncia en concret, comporti una conseq3encia espec3fica; i 3s justament a la *blockchain* on s’emmagatzemen aquestes instruccions.¹⁸

En concret, on es pot emmagatzemar aquest programari executable 3s a les tecnologies *blockchain* de llibres de registres distribu3ts (DLT) de segona generaci3, que s3n versions millorades de la tecnologia *Bitcoin*. Aix3 es deu al fet que el codi permet que els nodes de la xarxa interactu3n amb les dades emmagatzemades en una *blockchain* i actu3n de manera aut3noma si es compleixen determinades condicions; en ess3ncia,

¹⁷ Conejero, M. i Porxas, N., *op. cit.*, p. 27

¹⁸ Conejero, M. i Porxas, N., *op. cit.*, p. 31

aquest codi constitueix el que ara es coneix com a *smart contract*, sent peces de codi que generen transaccions si es compleixen les condicions codificades en ells.¹⁹

La *blockchain* més utilitzada pels *smart contracts* és l'anomenada *Etherum*, creada el 2015, donat que permet la realització de transaccions més sofisticades. Ara bé, pel que respecta a l'emissió d'*ethers*, tot i ser il·limitada respecte al còmput total, està limitada a 18 milions d'unitats a l'any.²⁰ Val a dir que, aquesta *blockchain* (l'*Etherum*), és de la segona generació de DLT donat que afegeix un llenguatge informàtic complet de *Turing* a la tecnologia, permetent als usuaris escriure un *software* complex que interactua amb el registre distribuït.²¹ Així doncs, *Etherum*, s'ha convertit en una eina flexible per gestionar intercanvis segurs i fiables d'informació, incloent-hi els *smart contracts*.²²

IV. Naturalesa jurídica dels *smart contracts*

4.1. *Smart contract* v. contracte legal intel·ligent

El concepte d'*smart contract* s'ha popularitzat per fer referència a acords contractuals que es basen en protocols informàtics d'execució automàtica suportats per la tecnologia del registre distribuït o *blockchain*. Aquests sistemes i els seus registres resistents i no refutables permeten que el codi informàtic sigui executat automàticament sense la necessitat d'intervenció humana ni de recórrer als tribunals o mecanismes d'execució establerts per la llei estatal.²³

Els *smart contracts* poden ser utilitzats en el domini contractual tant per executar contractes existents com per expressar acords vinculants en forma de línies de codi informàtic. La idea bàsica és que ordinadors imparcials podrien substituir humans corruptibles en la seva gestió, ja que aquesta tecnologia ho podria reforçar donada la seva

¹⁹ Bodó, B., et al., *ob. cit.*, pp. 312 i 315-316

²⁰ Conejero, M. i Porxas, N., *op. cit.*, p. 30

²¹ Bodó, B., et al., *op. cit.*, pp. 315-316

²² Bompreszi, C. i Finocchiaro, G., "A legal analysis of the use of blockchain technology for the formation of smart legal contracts", *Media Laws* 1 (2020), p. 112

²³ De Miguel Asensio, P., "Blockchain and smart contracts relating to copyright: jurisdiction and applicable law", *La tecnologia blockchain e il diritto d'autore: miraggio o realtà?* (2020), p. 41

naturalesa descentralitzada i immutable.²⁴ En essència, són instruccions informatitzades, sense necessitat d'un intermediari, amb la finalitat de què es produeixi una conseqüència si es compleix una condició.²⁵

Quan els *smart contracts* s'utilitzen en l'àmbit contractual, algú va suggerir parlar de "contractes legals intel·ligents". La doctrina els distingeix a uns com a mitjans per realitzar contractes existents i a altres com a contractes. El primer supòsit es refereix a l'ús de codi informàtic per automatitzar el compliment d'un acord que s'ha format fora de la *blockchain*; d'aquesta manera, l'*smart contract* no és un contracte, sinó que és l'eina a través de la qual es formalitza un contracte on el compliment automatitzat substitueix el compliment de la part obligada. Mentre que el segon fa referència a la possibilitat d'expressar un acord en forma de línies de codi; en aquest sentit, es qüestiona si els *smart contracts* poden ser contractes o bé són una part d'aquests fent que del conjunt sorgeixin els "contractes legals intel·ligents".²⁶

Pel que fa a la determinació de si són o no contractes, val a dir que dependrà en cada un d'ells de si es donen simultàniament els elements essencials: consentiment, objecte i causa.²⁷ En conseqüència, la qüestió principal és si els *smart contracts* basats en *blockchain* es poden considerar com a contractes, tenint en compte que: 1) només són línies de codi; 2) la *blockchain* és una tecnologia emergent; i 3) existeixen requisits legals per formar acords vinculants.²⁸

De Miguel Asensio indica que els *smart contracts*, en realitat, no són una categoria d'acords que, per si mateixos, generin qüestions específiques per a la seva classificació o caracterització pel que fa a conflictes de lleis i això es deu al fet que no són contractes en sentit legal, sinó una especificació en forma digital de les disposicions contractuals.²⁹ En

²⁴ Bompreszi, C. i Finocchiaro, G., *op. cit.*, p. 112

²⁵ Casey, M.J., *In blockchain we trust*, 9 de abril de 2018. <https://www.technologyreview.com/2018/04/09/3066/in-blockchain-we-trust/>. (Data de consulta: 6 de juny de 2023).

²⁶ Bompreszi, C. i Finocchiaro, G., *op. cit.*, p. 116

²⁷ Conejero, M. i Porxas, N., *op. cit.*, pp. 30-31

²⁸ Bompreszi, C. i Finocchiaro, G., *op. cit.*, p. 113

²⁹ De Miguel Asensio, P., *op. cit.*, p. 42

el mateix sentit s'expressa Herrera Herra quan afirma que: “[...] *los smart contracts* [...], estrictamente hablando no son contratos y mucho menos inteligentes”.³⁰

En conseqüència, l'expressió *smart contract* en és realitat enganyosa³¹. Allò que pot arribar a ser jurídicament un contracte no és el que coneixem per *smart contract* donat que no és una altra cosa que un programa auto executable. És més, un contracte auto executable ha de ser denominat com a “contracte legal intel·ligent”, del qual l'*smart contract* n'és únicament una part.³²

Per això mateix, els *smart contracts* no són necessàriament contractes, sinó un codi informàtic que, en el cas que es produeixi una condició específica, és capaç de funcionar automàticament. Per exemple, un termòstat intel·ligent que regula la temperatura dins d'una casa segons uns paràmetres predeterminats és un *smart contract*; ara bé, en aquest exemple, l'*smart contracts* no té cap significat legal, ja que pertany a la tipologia dels ALC (ho veurem més endavant). Quan s'utilitzen per automatitzar accions o operacions legalment rellevants és quan adquireixen connotacions legals; per exemple, un *smart contract* podria emetre una autorització administrativa quan es compleixen tots els requisits per obtenir-la (també es veurà més endavant en el seu apartat corresponent).³³

Alhora, ens trobem davant d'una manca de consens pel que fa a la cerca d'una definició precisa sobre els *smart contracts*, per la qual cosa és difícil establir un concepte universal per aquests.³⁴ No obstant això, resulta d'interès fer referència a la definició adoptada pel legislador italià, que estableix que l'*smart contract* és un programa informàtic que funciona a partir de registres distribuïts i que la seva execució vincula automàticament dues o més parts segons els efectes prèviament definits per elles.³⁵

³⁰ Herrera Herrera, F., “Contratos inteligentes en el internet de las cosas: aspectos legales”, *Actualidad Civil* 6 (2019), p. 4

³¹ Bompreszi, C. i Finocchiaro, G., *op. cit.*, p. 115

³² Conejero, M. i Porxas, N., *op. cit.*, pp. 30-31

³³ Bompreszi, C. i Finocchiaro, G., *op. cit.*, pp. 115-116

³⁴ Mora Astaburuaga, A., “*Smart contracts*. Reflexiones sobre su concepto, naturaleza y problemática en el derecho contractual”, *Revista de Derecho UNED* 27 (2021), p. 60

³⁵ De Miguel Asensio, P., *op. cit.*, p. 42

Malgrat això, m'agradaria il·lustrar ràpidament que hi ha un corrent doctrinal que assenyala que els *smart contracts* no necessiten una institució legal per existir, ja que substituiran el dret de contractes o bé eliminaran els litigis en matèria contractual.³⁶

D'altra banda, Conejero i Porxas, les quals ahora citen a Tur Faúndez, ens donen la següent definició sobre els “contractes legals intel·ligents”:

*“el contrato celebrado -a través de una página web accesible para las partes cuya forma está constituida por la interfaz de usuario de la aplicación externa y uno o varios programas autoejecutables (smart contracts) residentes en la cadena de bloques con capacidad para actuar recíprocamente con dicha interfaz-”*³⁷

Per tant, podem dir que els *smart contracts* són programes auto executables que, gràcies a l'ús d'un codi informàtic, aconseguen l'execució d'acords de voluntat senzills i sense que depengui de la contrapart ni de tercers.³⁸

On sí que trobem un consens és en el fet que es considera que els *smart contracts* no són una nova tipologia contractual, sinó més aviat unes formes d'instrumentar els contractes existents de manera innovadora per tal d'aconseguir posteriorment la seva execució automàtica.³⁹ En altres paraules, la denominació col·loquial d'*smart contracts* no és altre que referir-se als contractes tradicionals (on, per tant, hi ha d'haver consentiment, objecte i causa), però amb un caràcter electrònic donat que estan codificats i s'executen de manera autònoma i automàtica.⁴⁰

En conclusió, per arribar al que es coneix com a “*meeting of the minds*”⁴¹ (en català, reunió de les ments), ambdues parts han d'expressar la seva intenció d'alguna forma.

³⁶ Legerén-Molina, A., “Los contratos inteligentes en España. La disciplina de los smart contracts”, *Revista de Derecho Civil* 2 (2018), p. 211

³⁷ Conejero, M. i Porxas, N., *op. cit.*, p. 31

³⁸ Conejero, M. i Porxas, N., *op. cit.*, p. 31

³⁹ Conejero, M. i Porxas, N., *op. cit.*, p. 35

⁴⁰ Herrera Herrera, F., *op. cit.*, p. 6

⁴¹ Entès com l'assentiment per part de les dues parts per a la formació d'un contracte, incloent l'acord sobre els mateixos termes, condicions i matèria objecte. https://www.law.cornell.edu/wex/meeting_of_the_minds#:~:text=Actual%20assent%20by%20both%20parties,%2C%20conditions%2C%20and%20subject%20matter. (Data de consulta: 6 de juny de 2023).

Segons el principi d'informalitat, en la falta de llei, les parts són lliures de triar qualsevol forma per concloure contractes; permetent la conclusió de contractes en forma electrònica i, conseqüentment, també en forma de codi informàtic. No obstant això, la creació d'un *smart contract* no comporta automàticament la conclusió d'un contracte en absència d'un acord legalment vinculant i, per tant, només es poden considerar contractes en presència d'aquest acord legalment vinculant; comportant en aquell punt que deguem utilitzar, més correctament, el concepte de “contracte legal intel·ligent” per no donar lloc a confusions, el qual engloba el contracte jurídicament parlant i l'*smart contract* tecnològicament parlant.⁴² En qualsevol cas, veiem reforçada la idea que un *smart contract* (o més ben dit, contracte legal intel·ligent) ha de ser admès com a contracte, tot i configurar-se en suport digital, gràcies al principi de llibertat de forma recollit als articles 1278 del Codi Civil espanyol i 51 del Codi de Comerç.⁴³

4.2. Funcionament dels *smart contracts*

Aquest instrument consisteix en la transformació de l'execució del previ acord de voluntats cap a un codi informàtic que comporti el seu automatisme sense necessitat d'una confirmació prèvia i sense que doni lloc a modificacions. Aquesta idea gaudeix de plena lògica donat que el dret dels contractes va ser creat per prevenir i gestionar els incompliments contractuals; per tant, aquests mecanismes poden ser del tot eficients per incentivar o assegurar el seu compliment.⁴⁴ En aquest sentit, Mora Astaburuaga ens il·lustra que “els *smart contracts* són seqüències de codis informàtics destinats a executar prestacions d'un contracte de forma automàtica una vegada que es donin una sèrie de circumstàncies previstes per les parts”.⁴⁵

Els *smart contracts* codifiquen condicions “si-llavors”, és a dir, que davant la situació que passi X, llavors Y; a mode exemplificatiu, on si una obra amb drets d'autor genera una determinada quantitat de remuneració en el seu compte corresponent, l'*smart*

⁴² Bompreszi, C. i Finocchiaro, G., *op. cit.*, pp. 116-117

⁴³ Legerén-Molina, A., *op. cit.*, p. 217

⁴⁴ Conejero, M. i Porxas, N., *op. cit.*, p. 35

⁴⁵ Mora Astaburuaga, A., *op. cit.*, p. 64

contract pot distribuir els beneficis entre els diversos titulars de drets.⁴⁶ Per tant, gràcies a aquests mecanismes, s'estan podent automatitzar i estandarditzar una immensa quantitat de transaccions relacionades amb, per exemple, els drets d'autors i la remuneració, donada la seva naturalesa d'execució automàtica, reduint així els costos de transacció.⁴⁷

Com bé s'ha il·lustrat anteriorment, les *blockchains* estan formades per blocs, i cada bloc conté: a) un *timestamp*, registrant el temps de creació, b) un *nonce*, és a dir, un valor numèric associat a aquest bloc únic, c) l'identificador d'un altre bloc, d) un estat del bloc entre vàlid, no vàlid i orfe, i finalment e) una seqüència de transaccions d'*smart contracts*. Una transacció pot ser la càrrega d'un *smart contract* a la *blockchain* o la invocació d'alguna operació de l'*smart contract*.⁴⁸

Per poder llegir i escriure dades a la *blockchain* són necessàries les anomenades *wallet*, carteres, que són aplicacions de programari que contenen la parella de claus utilitzades. Cada usuari té una parella de claus: 1) la clau pública, aquella que actua com d'adreça pública i serveix per enviar les transaccions al propietari de la clau; i 2) la clau privada, aquella que serveix per afegir transaccions.⁴⁹

Així doncs, pel que fa a les transaccions dels *smart contracts*, en primer lloc, l'usuari ha d'iniciar una operació de l'*smart contract* i, per fer-ho, ha de connectar-se a un node. En segon lloc, l'algoritme s'aplica a l'estat actual de l'*smart contract* i després calcula el següent estat. En tercer lloc, quan s'ha determinat aquest darrer estat, es construeix una transacció. En quart lloc, diversos nodes (nodes de validació) han de certificar si la transacció és vàlida i, per tant, cada node de validació reexecuta l'operació a partir de l'estat original comprovant si arriba al mateix nou estat. En últim lloc, en cas de resposta positiva, la transacció es valida i, en conseqüència, tots els nodes de la xarxa l'afegeixen a la *blockchain* específica, comportant que totes les còpies de l'*smart contract* en qüestió que estan a la xarxa canvien el seu estat actual.⁵⁰

⁴⁶ Bodó, B., et al., *op. cit.*, p. 316

⁴⁷ Bodó, B., et al., *op. cit.*, pp. 312 i 316

⁴⁸ Bomprezzi, C. i Finocchiaro, G., *op. cit.*, p. 114

⁴⁹ Bomprezzi, C. i Finocchiaro, G., *op. cit.*, p. 114

⁵⁰ Bomprezzi, C. i Finocchiaro, G., *op. cit.*, p. 115

Per tot això, podem constatar que aquest mecanisme conté una part tecnològica i una altra part jurídica. Pel que fa a la primera, l'*smart contract* no és més que una seqüència criptogràfica de dades mitjançant un codi de programació d'execució automàtica que desplega conseqüències o efectes predefinits davant l'ocurrència de circumstàncies o condicions, és a dir, són formulats condicionals, on si $A \rightarrow B$, i si no $A \rightarrow C$. Des del punt de vista jurídic, podem afirmar que és com qualsevol contracte, realitzat mitjançant l'acord vinculant de les parts, però a diferència de redactar-se com tradicionalment s'ha fet (en un paper o en un format digital), es fa mitjançant una seqüència criptogràfica, la qual permet validar el compliment de les clàusules i condicions acordades que formen l'objecte del contracte.⁵¹

Ara bé, els “contractes legals intel·ligents” es poden concloure tant fora com dintre de la *blockchain*. Per fer-ho dintre, un usuari puja a la xarxa *Etherum* una proposta de contracte en llenguatge de codificació i, posteriorment, un altre usuari l'accepta; és a dir, el codi de l'*smart contract* es puja a la xarxa, però encara no hi ha un acord sobre ell; serà només quan es dona el consentiment, el moment en el qual es forma el “contracte legal intel·ligent”. Per tant, si la voluntat de l'usuari que puja l'*smart contract* coincideix amb la d'un altre que l'accepta, es forma un contracte i l'*smart contract* es converteix en un “contracte legal intel·ligent”.⁵²

4.3. La tipologia dels *smart contracts*.

Autors com Peranzo ens distingeixen tres tipus d'*smart contracts*: 1) els *smart contracts* legals; 2) els DAO; i els ALC.

Els primers són aquells on les parts estableixen entre elles obligacions contractuals a complir, comportant que siguin legalment exigibles i que, davant d'incompliments, es poden exercitar accions legals. Per tant, podem dir que és la tipologia més semblant al contracte tradicional, mantenint la semàntica de “si succeeix X, aleshores el resultat serà

⁵¹ Fernández López, R. I., “El derecho tributario ante una nueva realidad virtual: la tecnología blockchain aplicada a los contratos inteligentes”, *Revista Técnica Tributaria* 132 (2021), p. 25

⁵² Bomprezzi, C. i Finocchiaro, G., *op. cit.*, p. 117

Y”, amb l’especialitat de comportar accions legals automàticament davant dels incompliments gràcies als seus codis informàtics basats en la *blockchain*.

Així doncs, proporcionant únicament una firma digital, l’estatus legal del contracte queda oficialitzat sense necessitat que les parts es coneguin personalment ni que sàpiguen la identitat de l’altra. Fins i tot, n’hi ha que són creats per tercers com per exemple a les cases d’apostes. Alguns exemples en serien en un *smart contract* per intercanviar criptomonedes per diner fiduciari o també per registrar un apartament.

Els segons, les organitzacions autònomes descentralitzades, són com comunitats existents en la *blockchain* mitjançant codis oberts, els quals es caracteritzen per la seva transparència i, aparentment, per la seva incorruptibilitat. Aquests, revolucionen les estructures corporatives (sent part del món financer descentralitzat) i el seu eix principal és l’*smart contract*, el qual conté regles específiques codificades en la *blockchain* combinades amb mecanismes de governança utilitzant qualsevol classe de sistema de votació establert. Amb altres paraules, aquests poden definir per si mateixos que tota acció de cada participant estigui subjecte a unes regles sense la necessitat de CEOs ni directius, obtenint una burocràcia digital. Així doncs, els canvis en els lideratges no influeixen en el propòsit establert per la comunitat.

Per tant, el seu caràcter de codi obert comporta que siguin visibles per tothom, tant per membre com no, permetent que qualsevol persona pugui corregir errors i fer suggeriments. Ara bé, hi podem trobar dos inconvenients: per una banda, pateixen la possibilitat de rebre atacs cibernètics, ja que algú pot realitzar enginyeria inversa i intentar atacar una DAO i, per altra banda, donat que persegueixen la investigació i el desenvolupament en qualsevol camp, la seva informació corporativa també és de codi obert, per la qual cosa no hi ha secrets empresarials o comercials en les DAO. Un exemple de DAO seria la fundada el febrer de 2022 sota el nom de VitaDAO.

Els últims, els contractes d’aplicació lògica, comporten la comunicació i coordinació entre diferents dispositius a través d’una creixent *Internet of Things*⁵³ per tal que la nostra

⁵³ Herrera Herrera, F., *ob. cit.*, p. 3, ens ho explica dient que amb l’IoT, revolucionem les relacions entre objectes i persones, connectant i sincronitzant utensilis per oferir serveis més eficients. La idea va sorgir el 1999 de la mà de Kevin Ashton al MIT. L’IoT s’utilitza en sectors com el llar intel·ligent i la smart city. Es connecta mitjançant hardware especialitzat i permet programar esdeveniments i ordres de forma remota.

experiència d'usuari sigui més fluida. Aquests són codis que determinen unes aplicacions sincronitzades amb altres *smart contracts* de la *blockchain* permeten aquella comunicació i coordinació ja esmentada, però entre diferents dispositius, aconseguint que funcionin de forma segura i autònoma; comportant que siguin una part indispensable de qualsevol *smart contract* multifuncional.

Un exemple seria un contracte de lloguer on l'habitatge tingui instal·lat un pany intel·ligent, que es desbloqueja cada mes en el moment que l'arrendatari paga la mensualitat a l'arrendador. Així doncs, l'*smart contract* podria incloure una clàusula que determinés que quan l'arrendatari no pagui el lloguer durant tres mesos, el pany es bloquegi.⁵⁴

4.4. L'aplicabilitat dels *smart contracts*.

Podem afirmar que els *smart contracts* disposen d'infinites utilitats, on els mateixos serveixen per a tot allò on es vegi convenient i fins on la tecnologia pugui arribar, facilitant l'intercanvi de diners, propietats o, inclús, informació.⁵⁵

Per tant, en trobem tant en serveis legals o financer com en el sector públic o de salut, i, fins i tot, en la indústria. A mode exemplificatiu dels primers veiem les ofertes inicials de monedes "ICO", on les empreses ofereixen *tokens* digitals per la venda al públic, facilitant-se en l'*smart contract* la recollida de monedes virtuals i la distribució del *token* digital de la companyia, sota un acord per escrit amb els riscos assumits pel comprador i els drets obtinguts contra el venedor. Pel que fa als segons, trobem la gestió de compensacions i transferències de microempreses. Referent al sector públic, tenim que

⁵⁴ <https://hedera.com/learning/smart-contracts/types-of-smart-contracts>. (Data de consulta: 6 de juny de 2023). ; https://protecciondatos-lopd.com/empresas/smart-contract/#Tipos_de_smart_contracts. (Data de consulta: 6 de juny de 2023). ; Musienko, Y., *THREE TYPES OF SMART CONTRACTS. HOW TO DEVELOP A SMART CONTRACT?*, 17 de març de 2023. <https://merehead.com/blog/develop-smart-contract/>. (Data de consulta: 6 de juny de 2023). ; i, Peranzo, P., *Smart Contracts in Blockchain: Types, Use Cases & More*, 1 de maig de 2023. <https://imaginovation.net/blog/smart-contracts-in-blockchain/>. (Data de consulta: 6 de juny de 2023).

⁵⁵ Sierra, Y., *Smart contracts: ejemplos, tipos y para qué sirven*, 26 d'octubre de 2019. https://blog.lemontech.com/smart-contracts/#Ejemplos_de_uso_de_smart_contracts. (Data de consulta: 6 de juny de 2023).

es poden emmagatzemar dades públiques a la *blockchain* i que, amb l'ajuda dels *smart contracts*, la informació pot ser enviada a les parts que les sol·licitin; mantenint al propietari al corrent. Pel que fa a la salut, per l'habilitació d'accés al registre de salut i pel seguiment de la salut dels pacients. Per l'últim, automatitzant els pagaments a proveïdors en la cadena de subministrament.⁵⁶

Alhora, podem tenir altres aplicacions com, per exemple, afavorir el control i seguiment en la cadena de subministraments sabent on i com es troben les mercaderies i quan arriben al destí; actualitzar i mantenir tota mena de registres, ja que es poden actualitzar en temps real mantenint la confidencialitat de les dades gràcies al xifratge de la *blockchain*; registrar una propietat sense que intervinguin intermediaris; o bé per la signatura i concessió de préstecs hipotecaris.⁵⁷ Tanmateix, en tenim en el sector d'assegurances, on al constatar l'ocurrència d'un sinistre comporti el pagament automàtic de la indemnització corresponent. Per acabar, podem il·lustrar el que seria relacionat amb la internet de les coses consistent en el fet que els mateixos objectes, utensilis i màquines contractin o duguin a terme actuacions en nom dels seus propietaris; on un cotxe contacti amb el taller mecànic per concretar la seva revisió tècnica quan el quilometratge arriba al moment corresponent.⁵⁸

També s'ha de tenir present, tal com ens il·lustra Legerén-Molina, que aquests contractes només poden ser aplicats a supòsits que resultin verificables de manera objectiva i automàtica, sense admetre aquells que continguin clàusules necessitades d'interpretació per a ser corroborades, com per exemple, la bona fe, el consumidor mitjà, l'interès superior del menor (conceptes jurídicament indeterminats),⁵⁹ o bé, d'altra banda, aquells on es continui exigint l'obligatorietat de recollir-se en escriptura pública.⁶⁰

⁵⁶ Sierra, Y., *op. cit.*

⁵⁷ https://protecciondatos-lopd.com/empresas/smart-contract/#Tipos_de_smart_contracts. (Data de consulta: 6 de juny de 2023).

⁵⁸ Conejero, M. i Porxas, N., *op. cit.*, p. 31

⁵⁹ Legerén-Molina, A., *op. cit.*, p. 201

⁶⁰ Legerén-Molina, A., *op. cit.*, p. 218

4.5. La fase executiva

Les parts busquen crear mecanismes d'execució privada o extrajudicial de la pretensió material per tal d'assegurar la satisfacció de l'obligació de l'altra part sense haver d'acudir a seu judicial; *i.e.* mitjans d'assegurament de l'execució contractual on el creditor pugui satisfer per si mateix o per un tercer el seu interès jurídicament protegit sense la intervenció del deutor i sense que tingui eficàcia la resistència que aquest últim pugui du a terme. És més, podem dir que no funciona com una eina que permet al creditor satisfer per si mateix el seu interès, sinó que el contracte satisfà l'interès del creditor automàticament donada la seva estructura codificada de *si succeeix A, aleshores s'executa B, i si no succeeix A, aleshores s'executa C*.

En aquest sentit, cerquen reduir els costos lligats a la satisfacció judicial i, així mateix, provoquen que l'altra part compleixi voluntàriament amb la seva obligació donat que és conscient que el seu incompliment comportarà conseqüències gairebé automàtiques, és a dir, es redueix el risc d'incompliment. Ara bé, cal tenir present que aquestes eines han de ser acordades abans que la prestació hagi de ser efectuada.⁶¹ Tanmateix, allò que és determinant per a la naturalesa legal del contracte és l'acord subjacent entre les parts que les duu a codificar les promeses contractuals i desplegar-les a la *blockchain*.⁶²

Per tal que es pugui executar el que estableix l'*smart contract* quan es dona una condició determinada en el programari, el que succeeix és que el programa informàtic envia instruccions als dispositius connectats a la xarxa i provoca que, en conseqüència, l'execució automàtica del contracte tingui conseqüències reals i efectives, és a dir, en el món físic. Així doncs, és totalment necessari que l'*smart contract* tingui control sobre l'execució de les prestacions o sobre les conseqüències de l'incompliment; en cas contrari, l'automatisme i l'autonomia en l'execució no podran aconseguir-se.⁶³

Per consegüent, el fet de donar caràcter automàtic a l'execució comporta la manca de necessitat de la intervenció humana, ja que són els mateixos ordinadors els que verifiquen

⁶¹ Schumann Barragán, G., "Smart contracts y tutela judicial. La incidencia de los contratos autoejecutables en la tutela judicial de los derechos y los intereses materiales de los justiciable", *Justicia. Revista de Derecho procesal* 2 (2021), pp. 314-316

⁶² De Miguel Asensio, P., *op. cit.*, p. 43

⁶³ Schumann Barragán, G., *op. cit.*, pp. 317-319

objectivament la concurrència de les dades predeterminades i executen el que s'hagués establert prèviament; així doncs, la confiança en què l'execució serà correcta residirà en el propi contracte codificat.⁶⁴

Ara bé, no podem treure de vista que podria ocórrer que el contracte s'executés automàticament de mode incorrecte donat a un error informàtic o bé perquè l'execució de la seqüència del codi portés a un resultat diferent del desitjat per les parts, o, tanmateix, podria ser causat per la impossibilitat de la translació contractual en els seus propis termes.⁶⁵ No obstant això, aquesta problemàtica s'analitzarà més endavant en el seu apartat corresponent.

En atenció al mode d'execució automàtica dels *smart contracts* podem dir que serà la part que ha provocat el perjudici (la part incomplidora) la que haurà de prendre la iniciativa i sol·licitar la tutela dels tribunals quan consideri que no es donen els requisits perquè l'altra part, la perjudicada, s'hagi pogut únicament limitar a satisfer el seu interès a través de l'execució automàtica de l'*smart contract*. En conseqüència, se li dona més protecció a qui "ha fet les coses correctament" i qui s'ha de preocupar ara per esmenar-ho és el que "no ho ha fet correctament"; comportant un canvi envers les accions que es deuen exercitar i a qui li correspon la càrrega de la prova.⁶⁶

V. Problemàtiques jurídiques dels *smart contracts*.

5.1. El consentiment en la seva elaboració.

Per a estudiar la validesa i eficàcia dels *smart contracts* com a contractes jurídicament vinculants, hem d'analitzar què s'entén per contracte, jurídicament parlant. En el nostre sistema hem de fer un conglomerat del contingut dels arts. 1089, 1091 i 1278 del Codi Civil espanyol, juntament amb la doctrina, per a poder definir-lo com un acord de voluntats de dues o més persones dirigides a crear obligacions entre elles sota els requisits

⁶⁴ Legerén-Molina, A., *op. cit.*, p. 200

⁶⁵ Schumann Barragán, G., *op. cit.*, pp. 318-319

⁶⁶ Schumann Barragán, G., *op. cit.*, pp. 320-322

de l'art. 1261 del Codi Civil espanyol, en atenció a la lliure autonomia de la voluntat de les parts.⁶⁷

Ara bé, el requisit que planteja problemes per a la validesa i eficàcia dels *smart contracts* és el consentiment, donat el caràcter no humà de l'ordinador i del *software*. El consentiment, consagrat a l'article 1261 del Codi Civil espanyol, només pot ser atorgat per persones exterioritzant la voluntat interna; complicacions que no trobem en els requisits d'objecte i causa. No obstant això, aquest s'esmena al fer ús de la figura del precontracte amb l'emissió del consentiment de manera anticipada per les parts subordinant el contracte definitiu al compliment de determinades circumstàncies; entenent doncs per concedit el consentiment en el moment d'efectuar el precontracte, és a dir, les parts donen el consentiment per avançat a tot allò que pugui comportar el *smart contract* a futur.⁶⁸

5.2. La capacitat legal

Cornell i Werbach, entre altres, afirmen que els *smart contracts* presenten problemes relacionats amb la capacitat legal de les parts involucrades, ja que no disposen de mecanismes per corroborar-les comportant dificultats per determinar si una persona era capaç de comprendre i acceptar el contracte en el moment de la seva signatura.

Alhora, aquestes tipologies contractuals es basen en claus privades criptogràfiques, que són entitats tècniques i no persones reals. Aquesta identitat digital no necessàriament coincideix amb la identitat real de l'individu i pot donar lloc a múltiples identitats digitals per a una sola persona o, fins i tot, pot arribar a comportar situacions d'anonimat.⁶⁹

5.3. La irreversibilitat de l'execució automàtica.

Autors com Cornell i Werbach ens il·lustren que, tot i que els mecanismes de consens de la *blockchain* poden ser fiables, les aplicacions d'*smart contracts* que s'executen sobre aquests poden tenir problemes. Inclús sense errors, hi ha raons per dubtar que aquests sempre funcionin com es desitja i que produeixin els desitjos esperats.

⁶⁷ Herrera Herrera, F., *op. cit.*, p. 6

⁶⁸ Legerén-Molina, A., *op. cit.*, pp. 215-216

⁶⁹ Cornell, N. i Werbach, K., *op. cit.*, pp. 371-372

Reduir el llenguatge humà a codi de màquina limita el seu abast i hi ha termes contractuals que no es poden expressar de manera precisa. Per tant, el repte de construir un sistema informàtic que interpreta *smart contracts* tal com ho fan els humans és un desafiament per a la intel·ligència artificial; i no es resoldrà aviat.

Els *smart contracts* intenten atomitzar el procés contractual, però els contractes en realitat lliguen persones reals amb relacions reals i el seu compliment es desenvolupa amb el temps. Això implica que no es pot evitar certa complexitat que és inherent als contractes tradicionals, ja que les normes socials i relacionals són importants en la interpretació i resolució dels conflictes contractuals.⁷⁰

Els errors i mal entesos sobre les disposicions contractuals específiques poden conduir a resultats no desitjats. A més, els *smart contracts* no són prou intel·ligents per ajustar-se als esdeveniments que es produeixen després de la seva execució. A diferència del dret contractual, que permet als tribunals interpretar i omplir les mancances dels contractes, els *smart contracts* són executats irrevocablement sense la possibilitat de rectificar possibles errors o incongruències.

Un altre problema és que, encara que l'*smart contract* sigui vàlid, no sempre representa la intenció de les parts. En situacions de frau o coacció, el contracte pot ser invàlid des d'un punt de vista legal, però el *blockchain* ho executarà sense tenir en compte aquestes circumstàncies. La distinció entre la validesa i l'exigibilitat que es fa en el dret contractual tradicional s'esvaeix en els *smart contracts*.⁷¹

Així doncs, la immutabilitat de l'*smart contract* comporta que l'acord sigui inflexible i inadaptable a l'ocurrència de diferents circumstàncies imprevisibles que es puguin esdevenir des de la formulació d'aquest fins a la seva consumació. Per tant, es limita substancialment les possibles modificacions de l'*smart contract*.

Ara bé, possibles solucions en podrien ser com que en el moment de realització de l'*smart contract* es pactés una clàusula que permeti la possibilitat de modificar el contingut del contracte en cas que succeeixin circumstàncies que no s'havien previst. Altrament, podrien redactar un nou acord que substituís el contracte inicial o, fins i tot,

⁷⁰ Cornell, N. i Werbach, K., "Contracts *EX MACHINA*", *Duke Law Journal* 313 (2017), pp. 365-367

⁷¹ Cornell, N. i Werbach, K., *op. cit.*, pp. 368-370

podrien corregir els defectes ocasionats per l'automatització al marge de l'*smart contract*.⁷² Tanmateix, Martín Quesada ens proposa que, mitjançant una operació inversa que sigui validada pel 51% dels nodes es podria arribar a modificar el contingut del bloc.⁷³

5.4. L'incompliment i la conseqüent responsabilitat

Els *smart contracts* no aconsegueixen eliminar el risc d'incompliment, però el redueixen en gran magnitud. Malgrat tot, els errors en la programació o la falta de verificació poden arribar a conduir en una execució imperfecta del contracte.

Val a dir que les parts que utilitzen aquests contractes no renunciïn als remeis legals disponibles en cas de resultats inesperats. Per tant, en cas d'incompliment imputable a una de les parts (per exemple, perquè aquesta estigués obligada a una prestació pecuniària i el saldo del seu compte, d'on s'hauria de cobrar el degut, fos insuficient pel cobrament) la part perjudicada podria exigir el compliment del contracte bé mitjançant l'*smart contract* o bé en el món físic; i, si és necessari, buscar una indemnització per danys i perjudicis en atenció als arts. 1.101 i 1.106 del Codi Civil espanyol.

Alhora, en cas d'errors en la programació de l'*smart contract*, les parts poden demanar la restitució dels pagaments efectuats, ja que hi hauria un enriquiment injust, i exigir el correcte compliment del contracte, ja sigui mitjançant un nou *smart contract* o mitjançant un procediment tradicional.⁷⁴

En aquest sentit, Martín Quesada ens afirma que: “*Esto quiere decir que los contratos inteligentes incurren en formas de incumplimiento y generan la responsabilidad correspondiente de igual forma que los contratos tradicionales. Es por ello, que se muestra de vital importancia que operen conjuntamente los juristas e informáticos durante todo el proceso de formación y programación de cualquier smart contract, puesto que esto evitaría que surgieran tantos fallos.*”⁷⁵

⁷² Fetsyak, I., *op. cit.*, p. 219

⁷³ Martín Quesada, C., *Retos jurídicos de los contratos inteligentes (smart contracts)*, 15 de març de 2023. <https://www.notariosyregistradores.com/web/secciones/doctrina/tecnologia/retos-juridicos-contratos-inteligentes-smart-contracts/#-2-naturaleza-contractual>. (Data de consulta: 6 de juny de 2023).

⁷⁴ Fetsyak, I., *op. cit.*, pp. 222-223

⁷⁵ Martín Quesada, C., *op. cit.*

5.5. Les implicacions en el dret internacional privat: tribunal competent i llei aplicable.

Autors com De Miguel Asensio ens assenyalen diferents inconvenients i problemàtiques que ens trobem davant dels *smart contracts* en l'àmbit del dret internacional privat com la determinació del tribunal competent i de la llei aplicable.

A) Tribunal competent

Per una banda, donat que les reclamacions contractuals relatives a aquests no estan subjectes a un règim específic de jurisdicció, és totalment recomanable incloure un acord exclusiu d'elecció respecte a la jurisdicció sobre qualsevol reclamació contractual derivada de l'*smart contract*.

Ara bé, tot i subsistir la total autonomia de les parts per a l'elecció del fur, cal tenir present que l'acord ha de complir determinats requisits formals, principalment quan es troben en els termes i condicions del contracte subjacent.

Així doncs, l'apartat primer de l'art. 25 del Reglament Brussel·les I bis, permet diverses formes alternatives per escollir la competència: "*a) per escrit o verbalment amb confirmació escrita; b) d'un mode que s'ajusti als hàbits que les parts tinguis establerts entre elles, o; c) en el comerç internacional, d'un mode conforme als usos que les parts coneguin o hagin de conèixer i que, en dit comerç, siguin amplament coneguts i regularment observats per les parts en els contractes del mateix tipus en el sector comercial considerat.*". Alhora, cal tenir present el seu apartat segon, on tota transmissió realitzada per mitjans electrònics, sempre que proporcioni un registre durador de l'acord, es considerarà feta per escrit. Per tant, un acord vàlid d'elecció del fur en el contracte subjacent cobrirà els litigis entre les parts relatius al compliment de les obligacions resultants memoritzades en *smart contracts*.

Malgrat això, l'esmentat anteriorment és totalment vàlid pels contractes subscrits entre empreses, però quan entren en joc els consumidors, s'han de tenir en compte més particularitats, atenint-nos als articles 17, 18 i 19 del Reglament Brussel·les I bis.

Per altra banda, ens podem trobar situacions on no s'hagi dut a terme l'elecció del fur competent, però no hi trobarem situacions gaire més complicades que en els contractes

tradicionals havent d'acudir als preceptes establerts per a tal en el Reglament Brussel·les I bis, per exemple, l'article 7.⁷⁶

B) Llei aplicable

Igual que amb el tribunal competent, podem determinar com a punt de partida bàsic que la llei que regeix el contracte, com establert pel Reglament Roma I, s'aplica en principi a totes les qüestions que es puguin considerar contractuals. En conseqüència, pel que fa a les obligacions codificades com a *smart contracts*, la llei aplicable al contracte subjacent serà la mateixa, ja que no s'han de considerar per separat. Per tant, podrem acudir a les regles del Reglament Roma I, igual que amb les regles del tribunal competent, per a la determinació de la llei aplicable, tal com si fos un contracte tradicional.

Ara bé, el recurs de les parts a les tecnologies *blockchain* que permeten l'execució automàtica de certs elements d'una transacció no els permet ignorar les normes obligatòries de la llei del país pel qual es duu a terme la transacció si hi consten particularitats imperatives; per exemple, tal com succeeix en el cas de drets d'autor.

Cal tenir present que l'elecció de la llei aplicable pot ser sobre la totalitat del contracte o una part d'aquest, però per a la validesa de la segona opció, aquesta, ha de ser sobre una part del contracte que sigui independent i objectivament separada de la resta.⁷⁷

VI. La tributació en els *smart contracts*

Ens trobem en un punt on la tecnologia està avançant a gran velocitat, però no la nostra adaptació a ella; per això, tenim el deure de començar a analitzar la nostra adaptació. Així doncs, és convenient analitzar la tributació espanyola relacionada amb els *smart contracts*, en ser un sistema tecnològic que està tenint cada vegada més inferència i rellevància en la nostra societat.

⁷⁶ De Miguel Asensio, P., *op. cit.*, pp. 43-47

⁷⁷ De Miguel Asensio, P., *op. cit.*, pp. 47-53

Ara bé, donat que no és el fi principal d'aquest treball, només es donarà una pinzellada general sobre la implicació de l'impost d'actes jurídics documentats en la utilització dels *smart contracts*.

6.1. El ITPAJD: idees generals

La seva regulació s'estableix en la Llei de l'Impost sobre Transmissions Patrimonials i Actes Jurídics Documentats⁷⁸ i en el seu corresponent desenvolupament reglamentari⁷⁹; desplegant-se mitjançant tres fets imposables diferents: 1) les transmissions patrimonials oneroses, 2) les operacions societàries, i 3) els actes jurídics documentats (modalitat en la qual ens centrarem en aquest estudi). En aquest sentit, davant els actes jurídics documentats hi trobem: A) documents de caràcter notarial, B) documents de caràcter mercantil, i C) documents de caràcter administratiu.

6.2. Els actes jurídics documentats

El punt de contacte entre els *smart contracts* i aquests documents és que substitueixen o, com a mínim, interfereixen en els fets impositius dels actes jurídics documentats (notarials, mercantils i administratius) els quals estan gravats per l'impost (art. 27 LITPAJD).⁸⁰

En el citat precepte s'estableix expressament que els documents notarians hauran de ser estesos en paper timbrat; i per això no serà de tal manera davant de situacions diferents. Aquesta afirmació ens revela un repte davant els *smart contracts*, ja que aquests seran difícilment timbrats al ser suportats en document digital.⁸¹ És més, Fernández López

⁷⁸ Real Decreto Legislativo 1/1993, de 24 de septiembre, por el que se aprueba el Texto refundido de la Ley del Impuesto sobre Transmisiones Patrimoniales y Actos Jurídicos Documentados. (BOE núm. 251, de 20 de octubre de 1993.) -*en adelante, LITPAJD*-.

⁷⁹ Real Decreto 828/1995, de 29 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento del Impuesto sobre Transmisiones Patrimoniales y Actos Jurídicos Documentados. (BOE núm. 148, de 22 de junio de 1995) -*en adelante, RITPAJD*-.

⁸⁰ Belda, I., "El blockchain i el smart *smart contract* en relació l'impost sobre les transmissions patrimonials i els actes jurídics documentats", *Revista d'Internet, Dret i Política* 29 (2019), pp. 2 i 4

⁸¹ Belda, I., *op. cit.*, p. 4

ens afirma que quan l'ITPAJD recau sobre documents notariais, però realitzats mitjançant *smart contracts*, manca de total aplicabilitat pel fet que no es formalitzen en paper timbrat.⁸²

Pel que fa als documents administratius, tal com ens il·lustra Belda, no s'entrarà a la seva anàlisi donada la seva escassa rellevància i nul·la relació amb els *smart contracts*.⁸³

En últim lloc, el punt de connexió efectiu entre els *smart contracts* i l'ITPAJD, segons Belda, és la modalitat dels AJD en quant els documents mercantils.⁸⁴ Per això, es tractarà amb caràcter especial en el següent apartat.

6.3. Els *smart contracts* i l'AJD en els documents mercantils

Aquest impost s'aplica en tot aquell document que comporti una funció de gir (mitjà de pagament o obtenció de crèdit, pagarés, bons...) i el subjecte passiu serà el lliurador dels documents.⁸⁵

L'art. 76.3.c) paràgraf segon RITPAJD es determina que “s’entendrà per document qualsevol suport escrit, inclosos els informàtics, pels quals es provi, acrediti o es faci constar alguna cosa”; comportant que s'ha d'englobar en aquesta definició els *smart contracts* i, per tant, sotmetre'ls a gravamen en la modalitat impositiva d'AJD.⁸⁶ En conseqüència, Belda ens afirma que “no hi ha dubte en què un document mercantil digital en forma d'*smart contract* que compleixi amb els requisits legals establerts, ha de quedar subjecte a l'impost”.⁸⁷

6.4. Els reptes en la tributació dels documents mercantils

Ens trobem que en la *blockchain* s'opera amb una clau pública i una altra privada, per la qual cosa els operadors de la xarxa poden actuar sota pseudònims que no facin

⁸² Fernández López, R. I., *ob. cit.*, p. 37

⁸³ Belda, I., *op. cit.*, p. 5

⁸⁴ Belda, I., *op. cit.*, p. 6

⁸⁵ Belda, I., *op. cit.*, p. 5

⁸⁶ Fernández López, R. I., *op. cit.*, p. 38

⁸⁷ Belda, I., *op. cit.*, p. 6

referència al seu nom real i, per tant, ocultar la identitat oficial de l'usuari; problemes similars als esmentats anteriorment amb la capacitat de les parts. En conseqüència, la citada situació comporta un inconvenient per a conèixer la informació amb transcendència tributària.⁸⁸

Malgrat aquesta problemàtica, a causa de l'escassa utilització d'aquests mecanismes i la limitada capacitat recaptatòria de l'impost, resulta ineficient posar en marxa per part de les autoritats tributàries un mecanisme de comprovació d'aquests actes encara que s'hagi pogut afirmar que els documents emesos amb funció de gir i que compleixin els requisits establerts per llei, sí que haurien d'estar subjectes a la modalitat AJD per documents mercantils, independentment de si el suport és en paper o digital.⁸⁹

VII. Conclusions

L'estudi portat a terme en el present treball ens porta a concloure que la base dels *smart contracts* és la tecnologia *blockchain*, la qual consisteix en una base de dades distribuïda i encriptada que permet compartir i validar la informació sense una autoritat central; comportant un avenç significatiu en el camp de la contractació donat que permet combinar els contractes tradicionals amb la *blockchain*, creant així contractes més segurs i d'execució automàtica. Això proporciona un alt grau de seguretat, transparència, irrevocabilitat i immutabilitat, ja que les transaccions són enregistrades en forma de blocs, enllaçats entre ells criptogràficament, fent que les dades siguin inalterables i accessibles electrònicament.

No existeix un consens definitiu sobre si aquests contractes són vàlids i vinculants i, per tant, quin és la seva naturalesa jurídica. Podem afirmar que el concepte d'*smart contract* s'ha popularitzat referint-se a acords contractuals basats en codis informàtics d'execució automàtica suportats per la *blockchain* que no necessiten intervenció humana; substituint la gestió tradicional.

⁸⁸ Fernández López, R. I., *op. cit.*, p. 34

⁸⁹ Belda, I., *op. cit.*, p. 7

Ara bé, l'*smart contract* com a tal no és el contracte jurídicament parlant, sinó un element clau (tecnològic) per aconseguir l'execució automàtica del contracte, on juntament amb el propi contracte dona lloc al que es coneix com a "contracte legal intel·ligent". Per tant, el "contracte legal intel·ligent" engloba, per una banda, l'acord de voluntats -contracte en sentit estricte- (això és, la part jurídica) i, per una altra banda, el sistema informàtic que el codifica per tal d'aconseguir l'execució automàtica mitjançant condicions "si-llavors" (això és, la part tecnològica).

Pel que fa a la seva tipologia, en podem distingir tres tipus d'*smart contracts*: els *smart contracts* legals que són aquells més semblants als contractes tradicionals donat que comporten connotacions legals automàtiques davant d'incompliments establerts en el seu programari; els DAO, que són aquelles comunitats existents en la *blockchain* regides per regles específiques aconseguint una burocràcia digital sense directius; i els ALC, que comporten la comunicació i coordinació entre dispositius aconseguint que funcionin autònomament.

Malgrat tot, aquests sistemes no són perfectes i donen lloc a certes problemàtiques. Un dels principals problemes que ens hem trobat en relació amb els *smart contracts* és el relatiu als requisits essencials de tot contracte; en concret, la possible falta de consentiment. Això es deu justament pel caràcter no humà d'aquest, donat que el consentiment només es pot prestar per persones en el moment d'exterioritzar la seva voluntat interna, i aquest aspecte podria estar en dubte davant de la consecució d'un *smart contract*. Ara bé, entenem que aquest problema es resol mitjançant la figura del precontracte en concedir el consentiment del futur contracte intel·ligent de forma anticipada.

Un altre inconvenient seria el relatiu a la capacitat legal de les parts involucrades, donat que no es disposen de mecanismes per corroborar-la, ja que les parts es poden amagar sota l'anonimat que proporciona *blockchain*.

Així mateix, tot i que l'*smart contract* té en la irreversibilitat de l'execució automàtica un dels seus grans avantatges, aquest aspecte alhora comporta inconvenients, donat que els converteix en contractes difícilment adaptables als futurs esdeveniments, per la seva complicada transposició en codis informàtics i per la seva dificultat en ser corregits, comportant també una problemàtica sobre qui té la responsabilitat davant dels

incompliments d'alguna de les parts (compliment en l'execució que, recordem, és automàtic i es basa en claus criptogràfiques).

Pel que fa a l'àmbit del dret internacional privat, ens trobem en què els *smart contracts* també comporten problemes respecte a la determinació del tribunal competent i la llei aplicable en els conflictes que sorgeixen, on hi ha un element d'internacionalitat.

Això es deu el fet que les reclamacions contractuals relatives als *smart contracts* no estan subjectes a un règim específic de jurisdicció; per tant, és totalment convenient incloure un acord d'elecció de jurisdicció. No obstant això, el mateix acord que es dugui a terme pel propi contracte subjacent ja cobrirà els litigis d'aquests encara que estiguin memoritzats sota *smart contractst*. En aquest mateix sentit, davant la falta d'acord, la jurisdicció dels litigis derivats de l'*smart contract* serà la mateixa que la que esdevindria en el contracte subjacent corresponent. Així doncs, davant d'aquestes situacions no hi acabem trobant problemàtiques gaire més complicades que en els contractes tradicionals.

La mateixa argumentació serà congruent al que respecte a la determinació de la llei aplicable en els litigis derivats dels *smart contracts*. En conseqüència, la llei aplicable en aquests serà la mateixa que la que pertoqui al contracte subjacent en qüestió, és a dir, inclús quan aquests s'hagin materialitzat en *smart contracts*.

En l'àmbit del dret tributari hem observat que els *smart contracts* comporten afectacions directes al sistema fiscal, ja que es diferencien dels fets imposables tradicionals establerts legislativament pels contractes tradicionals. A mode exemplificatiu hem analitzat la tributació dels *smart contracts* en l'impost d'actes jurídics documentats, que es tracta d'un impost que s'origina per l'execució de determinats actes jurídics com la formalització de préstecs o l'adquisició de béns immobles.

En aquest sentit, algunes de les afectacions que hi trobem seria en relació amb els documents notariaus, ja que aquests han de ser estesos en paper timbrat, però els *smart contracts* són documents digitals i no poden ser timbrats; per tant, quan aquests s'elaboren en substitució d'un document notarial, s'evita el pagament de l'impost corresponent. Per contra, en els documents mercantils hi trobem punts de connexió gràcies al fet que la llei accepta que siguin realitzats informàticament. Ara bé, en la *blockchain*, els operadors poden actuar sota pseudònims ocultant la seva identitat, i això sens dubte dificulta la recaptació d'impostos; i, a més, a causa de l'escassa utilització actual d'aquests

mecanismes i la limitada capacitat recaptatòria de l'impost, resulta ineficient posar en marxa un mecanisme de comprovació sobre aquesta tipologia fiscal.

Com a conclusió final, considerem que és important reflexionar sobre el futur dels *smart contracts* i si tindran èxit a llarg termini. Tot i el seu potencial per agilitzar i millorar els processos contractuals, hi ha diversos factors a tenir en compte. D'una banda, és necessari que s'estableixi una legislació clara i precisa per abordar les qüestions jurídiques relacionades amb els *smart contracts*; proporcionant un marc legal adequat per a la seva validesa i aplicació. En aquest sentit, ens trobem davant d'una matèria que evoluciona més ràpidament que la seva regulació, i això comporta que actualment encara no estiguin determinades legalment les obligacions i responsabilitats derivades de la consecució d'un *smart contract*. També és essencial que els professionals legals i les parts implicades tinguin un coneixement sobre el seu funcionament i dels seus drets, obligacions i responsabilitats. D'altra banda, l'adopció generalitzada dels *smart contracts* per part de les empreses i altres actors del mercat és un factor clau pel seu èxit; les organitzacions han de veure els avantatges i beneficis que aquesta tecnologia pot aportar, com ara l'eficiència, la transparència i la reducció dels costos. Considerem que els *smart contracts* tenen un gran potencial per revolucionar el món dels contractes i els processos empresarials; a mesura que les tecnologies evolucionin, és probable que es converteixin en una eina comuna i essencial en el món dels negocis.

VIII. Bibliografia

- Belda, I., “El blockchain i el smart *smart contract* en relació l’impost sobre les transmissions patrimonials i els actes jurídics documentats”, *Revista d’Internet, Dret i Política* 29 (2019), pp. 1-8.
- Blackman, R., *Why blockchain’s ethical stakes are so high*, 10 de maig de 2022. https://hbr.org/2022/05/why-blockchains-ethical-stakes-are-so-high?utm_medium=email&utm_source=bigidea_web3&utm_campaign=promo_2020512&utm_content=bilist&deliveryName=DM192703. (Data de consulta: 6 de juny de 2023).
- Bodó, B., Gerbais, D., i Quintais, J. P., “Blockchain and smart contracts: the missing link in copyright licensing?”, *International Journal of Law and Information Technology* 26 (2018), pp. 311-336.
- Bomprezzi, C. i Finocchiaro, G., “A legal analysis of the use of blockchain technology for the formation of smart legal contracts”, *Media Laws* 1 (2020), pp. 111-135.
- Boukis, A., “Exploring the implications of blockchain technology for brand–consumer relationships: a future research agenda”, *The Journal of Product & Brand Management* 3 (2020), pp. 307-320.
- Casey, M.J., *In blockchain we trust*, 9 de abril de 2018. <https://www.technologyreview.com/2018/04/09/3066/in-blockchain-we-trust/>. (Data de consulta: 6 de juny de 2023).
- Conejero, M. i Porxas, N., “Tecnología blockchain : funcionamiento, aplicaciones y retos jurídicos relacionados”, *Actualidad Jurídica Uría Menéndez* 48 (2018), pp. 24-36.
- Cornell, N. i Werbach, K., “Contracts *EX MACHINA*”, *Duke Law Journal* 313 (2017), pp. 313-382
- De Miguel Asensio, P., “Blockchain and smart contracts relating to copyright: jurisdiction and applicable law”, *La tecnología blockchain e il diritto d’autore: miraggio o realtà?* (2020), pp. 41-53.

-
- Fernández López, R. I., “El derecho tributario ante una nueva realidad virtual: la tecnología blockchain aplicada a los contratos inteligentes”, *Revista Técnica Tributaria* 132 (2021), pp. 17-55.
- Fetsyak, I., “Contratos inteligentes: análisis jurídico desde el marco legal español”, *REDUR* 18 (2020), pp. 197-236.
- Hawlitshchek, F., Notheisen, B., i Teubner, T., “The limits of trust-free systems: A literature review on blockchain technology and trust in the sharing economy”, *Electronic commerce research and applications* 29 (2018), pp. 50-63.
- Herrera Herrera, F., “Contratos inteligentes en el internet de las cosas: aspectos legales”, *Actualidad Civil* 6 (2019), pp. 1-17.
- <https://hedera.com/learning/smart-contracts/types-of-smart-contracts>. (Data de consulta: 6 de juny de 2023).
- https://protecciondatos-lopd.com/empresas/smart-contract/#Tipos_de_smart_contracts. (Data de consulta: 6 de juny de 2023).
- Karamchandani, A., Kumar, S., Srivastava, A. i Srivastava, S. K., “Analysing perceived role of blockchain technology in SCM context for the manufacturing industry”, *International Journal of Production Research* 11 (2021), pp. 3398-3429.
- Legerén-Molina, A., “Los contratos inteligentes en España. La disciplina de los smart contracts”, *Revista de Derecho Civil* 2 (2018), pp. 193-241.
- Liu, N i Ye, Z., “Empirical research on the blockchain adoption - based on TAM”, *Taylor & Francis journals* 37 (2021), pp. 4263-4275
- Martín Quesada, C., *Retos jurídicos de los contratos inteligentes (smart contracts)*, 15 de març de 2023.
<https://www.notariosyregistradores.com/web/secciones/doctrina/tecnologia/retos-juridicos-contratos-inteligentes-smart-contracts/#-2-naturaleza-contractual>. (Data de consulta: 6 de juny de 2023).
- Mora Astaburuaga, A., “Smart contracts. Reflexiones sobre su concepto, naturaleza y problemática en el derecho contractual”, *Revista de Derecho UNED* 27 (2021), pp. 57-98.

-
- Musienko, Y., *THREE TYPES OF SMART CONTRACTS. HOW TO DEVELOP A SMART CONTRACT?*, 17 de març de 2023. <https://merehead.com/blog/develop-smart-contract/>. (Data de consulta: 6 de juny de 2023).
- Nakamoto, S., *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*, 1 de novembre de 2008. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>. (Data de consulta: 6 de juny de 2023).
- Peranzo, P., *Smart Contracts in Blockchain: Types, Use Cases & More*, 1 de maig de 2023. <https://imaginovation.net/blog/smart-contracts-in-blockchain/>. (Data de consulta: 6 de juny de 2023).
- Pilkington, M., “Blockchain Technology: Principles and Applications”, *Research Handbook on Digital Transformations* (2016), pp. 1-39.
- Reinhart Schuller, R., “Criptoactives: Categorización jurídica de los criptoactives e introducción a la tecnología DLT/Blockchain”, *Cuadernos de Derecho Transnacional* 2 (2022), pp. 737-769.
- Schumann Barragán, G., “Smart contracts y tutela judicial. La incidencia de los contratos autoejecutables en la tutela judicial de los derechos y los intereses materiales de los justiciable”, *Justicia. Revista de Derecho procesal* 2 (2021), pp. 309-338.
- Sierra, Y., *Smart contracts: ejemplos, tipos y para qué sirven*, 26 d’octubre de 2019. [https://blog.lemontech.com/smart-contracts/#Ejemplos de uso de smart contracts](https://blog.lemontech.com/smart-contracts/#Ejemplos-de-uso-de-smart-contracts). (Data de consulta: 6 de juny de 2023).