
This is the **published version** of the bachelor thesis:

Joal Gallart, Mercè. *La contratación mercantil transfronteriza en la era digital : eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes..* Treball de Final de Grau (Universitat Autònoma de Barcelona), 2026 (Dret). 73 pàg.

This version is available at <https://ddd.uab.cat/record/331861>

under the terms of the  license.



FACULTAD DE DERECHO

TRABAJO DE FIN DE GRADO

La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes.

- Un estudio de caso comparativo: Unión Europea y Estados Unidos. -

Grado en Derecho

2025-2026

Autora: Mercè Joval Gallart

Tutor: Luis Pedrayes Gullon

Bellaterra, 13 de Mayo de 2026

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

Resumen

El presente trabajo se propone examinar la incidencia de los contratos inteligentes basados en la tecnología blockchain en la contratación mercantil internacional a fin de determinar si constituyen un instrumento eficiente desde el punto de vista jurídico para superar las ineficacias del modelo tradicional. El estudio se estructura en tres partes. En primer lugar, se establece un marco conceptual que distingue el contrato inteligente del contrato tradicional; acto seguido, y como núcleo del trabajo, se elabora un estudio de derecho comparado con tal de evaluar el grado de reconocimiento y los principales desafíos regulatorios en la Unión Europea (UE) y Estados Unidos (EE.UU.); y, finalmente, se efectúan análisis de casos de uso práctico y se abordan cuestiones críticas pendientes, tales como la colisión con el Reglamento GDPR y los mecanismos de resolución de disputas. El análisis deja entrever que, a pesar de su potencial transformador, la integración plena de los contratos inteligentes en el comercio internacional requiere de una evolución normativa que proporcione seguridad jurídica sin coartar la innovación tecnológica.

Palabras clave

Contratos inteligentes, blockchain, comercio internacional, derecho comparado, Unión Europea, Estados Unidos.

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

Abstract

This work aims to assess the analysis of the impact of blockchain-based smart contracts on traditional commercial contracting to determine whether they constitute an efficient instrument from a legal standpoint for overcoming the inefficiencies of the traditional model. The study is structured in three parts. Firstly, a conceptual framework is established that distinguishes smart contracts from traditional contracts. Subsequently, and as the core of the work, a comparative law study is developed to assess the degree of recognition and the main regulatory challenges in the European Union (EU) and the United States (US). Finally, analyses of practical use cases are conducted and pending critical issues are addressed, such as the collision with the GDPR and dispute resolution mechanisms. The analysis suggests that, despite their transformative potential, the full integration of smart contracts into international trade requires a regulatory evolution that provides legal certainty without stifling technological innovation.

Key words

Smart Contracts, blockchain, international trade, comparative law, European Union, United States.

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Listado de abreviaturas.....	5
INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. Contexto histórico: de las revoluciones industriales al comercio digital.....	7
1.2. Planteamiento del problema: La ineficiencia en la contratación internacional tradicional.....	8
1.3. Objeto de estudio: Los contratos inteligentes como herramienta de transformación.....	9
1.4. Objetivos del trabajo	10
1.5. Metodología.....	11
CAPÍTULO 1: MARCO CONCEPTUAL Y TÉCNICO.....	12
1.1. La tecnología Blockchain: ideas básicas y los siete principios esenciales.....	12
1.1.1. Ideas básicas de la tecnología blockchain.....	12
1.1.2. Los principios esenciales.....	14
1.2. Definición, características y funcionamiento de los smart contracts.....	15
1.2.1. Definición.....	15
1.2.2. Características.....	16
1.2.3. Funcionamiento.....	17
1.3. Distinción jurídica: contrato tradicional vs. contrato inteligente.....	18
1.4. Ventajas y desventajas generales en el comercio internacional.....	20
1.4.1. Ventajas.....	20
1.4.2. Desventajas: problemas prácticos.....	21
CAPÍTULO 2: RECONOCIMIENTO JURÍDICO Y DESAFÍOS NORMATIVOS: UN ANÁLISIS COMPARADO.....	22
2.1. La validez del contrato inteligente como contrato. Problemática: la voluntad..	22
La validez de los smart contracts bajo la Convención de Viena (CISG).....	24
2.2. Análisis del marco en la Unión Europea:.....	25
2.2.1. Reglamento (UE) n.º 910/2014 relativo a la identificación electrónica y los servicios de confianza para las transacciones electrónicas (eIDAS).....	25
2.2.2. El Reglamento (UE) 2023/1114 relativo a los mercados de criptoactivos (MiCA).....	26
2.2.3. El Reglamento (UE) 2023/2854 de Datos (Data Act).....	27
2.2.4. Jurisprudencia relevante	28
2.3. Análisis del marco en Estados Unidos:.....	30
2.3.1 Aproximación estatal: Ley Uniforme de Transacciones Electrónicas (UETA).....	30
2.3.2 Legislación específica en estados pro-tecnología: Arizona, Nevada y	

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -

Tennessee.....	32
2.3.3. Jurisprudencia relevante.....	34
2.4. Comparativa crítica UE-EE.UU.....	36
2.4.1. Seguridad jurídica.....	36
Consecuencias para la innovación empresarial.....	38
2.4.2. Problemas de interpretación y protección del consumidor.....	39
CAPÍTULO 3: CASOS PRÁCTICOS Y CUESTIONES PENDIENTES.....	43
3.1. Aplicación en el comercio internacional.....	43
3.1.1. Análisis de la cadena de valor del comercio internacional.....	44
3.1.2. Estructura del contrato global inteligente.....	44
3.1.3. Interrupción y modificación del contrato inteligente.....	45
3.1.4. Gobernanza del contrato global inteligente.....	46
3.1.5. Ejemplos adicionales.....	46
3.2. Cuestiones críticas transversales:.....	47
3.2.1. Privacidad (GDPR vs. blockchain inmutable).....	47
3.2.2. Resolución de disputas: Oráculos, jurisdicción, ley aplicable y arbitraje blockchain.....	50
3.2.2.1. Los oráculos.....	50
3.2.2.2. Jurisdicción y ley aplicable.....	51
3.2.2.3. Arbitraje basado en blockchain.....	52
3.3. Tendencias regulatorias y futuro previsible.....	54
4. CONCLUSIONES.....	56
5. BIBLIOGRAFIA.....	61

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

Listado de abreviaturas.

AEPD: Agencia Española de Protección de Dato

BTGC: contrato global inteligente basado en blockchain

CI: Comercio Internacional

Data Act: Reglamento (UE) 2023/2854 de Datos

EM: Estados Miembros

eIDAS: Reglamento (UE) n.º 910/2014 relativo a la identificación electrónica y los servicios de confianza para las transacciones electrónicas

EE.UU : Estados Unidos

FMI: Fondo Monetario Internacional

FTCA: Federal Trade Commission Act

GATT: Acuerdo General sobre Comercio y Aranceles

GDPR: Reglamento general de protección de datos

GM: Guerra mundial

ICC: Cámara de Comercio Internacional

MiCA: Reglamento (UE) 2023/1114 relativo a los mercados de criptoactivos

PYMES: Pequeñas y Medianas Empresas

RI: Revolución Industrial

SC: smart contracts

TJUE: Tribunal de Justicia de la Unión Europea

UCC: Uniform Commercial Code

UE: Unión Europea

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

UETA: Ley Uniforme de Transacciones Electrónicas

UNCITRAL: Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

INTRODUCCIÓN

1.1. Contexto histórico: de las revoluciones industriales al comercio digital.

El comercio internacional ha sido una constante histórica. Civilizaciones antiguas y medievales ya intercambiaban metales, madera o textiles, aunque con costes elevados que restringían el intercambio a bienes de lujo para las élites. Con la llegada de la Revolución Industrial en el siglo XIX, los costes del comercio disminuyeron drásticamente gracias al progreso tecnológico (la máquina de vapor) y a políticas más favorables (Miroudot, 2017).

Es preciso aquí preguntarse **qué es una revolución**. Cohen (1985, citado por Brada y Park, 2024) sostiene que una revolución tiene dos significados: un cambio profundo en las esferas intelectual, social, política o económica; y el movimiento regular de un cuerpo que retorna a su punto de partida. Las revoluciones deben entenderse como un proceso continuo, por lo que muchos académicos dividen la RI en una secuencia, hallándonos actualmente en la cuarta (Brada y Park, 2024).

La Primera RI transformó la producción y el transporte, permitiendo un comercio internacional rápido y estable. Le siguió la Segunda, con producción en masa y expansión ferroviaria, que consolidó la globalización temprana. Tras la IIGM se inició la Tercera RI, marcada por la confluencia de cambios tecnológicos y geopolíticos: la **Guerra Fría**, la **descolonización** y la **integración económica regional** configuraron un nuevo orden económico. Se crearon instituciones como el FMI, el Banco Mundial y el GATT. Paralelamente, surgieron los semiconductores, la revolución digital e internet, que ampliaron la capacidad de transmitir datos. La globalización se intensificó y surgió

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

un consenso en favor de la privatización y el libre mercado (Brada y Park, 2024). Este optimismo se vio reforzado por el fin de la Guerra Fría: la caída del Muro de Berlín (1989) y la apertura de China al comercio internacional. Fukuyama (1992) sostuvo que el capitalismo y la democracia liberal eran la mejor combinación para todos los países.

El comercio moderno se caracteriza por un sector de servicios en aumento y por las cadenas globales de suministro, donde múltiples transacciones transfronterizas son habituales para un único artículo final. En 2015, Klaus Schwab acuñó la expresión "*Cuarta Revolución Industrial*" para describir el impacto de las tecnologías basadas en datos que fusionan lo físico y lo digital. El elemento diferenciador, según Schwab, será la integración perfecta de la tecnología en cada faceta de la sociedad, con un progreso a escala y ritmos no experimentados previamente (Toohey, 2021).

1.2. Planteamiento del problema: La ineficiencia en la contratación internacional tradicional.

En el contexto de un mundo cada vez más globalizado, el comercio transfronterizo desempeña un rol esencial como motor del crecimiento económico y del fomento de la cooperación internacional. No obstante, los procesos tradicionales del CI suelen involucrar múltiples partes interesadas, un movimiento complejo de mercancías, transacciones financieras y procedimientos regulatorios, generando ello numerosos desafíos tales como la **asimetría de la información**, las **dificultades en la gestión de datos** y las **complejidades del cumplimiento normativo**. En consecuencia, la mejora de la eficiencia y la seguridad del comercio se ven limitadas.

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -

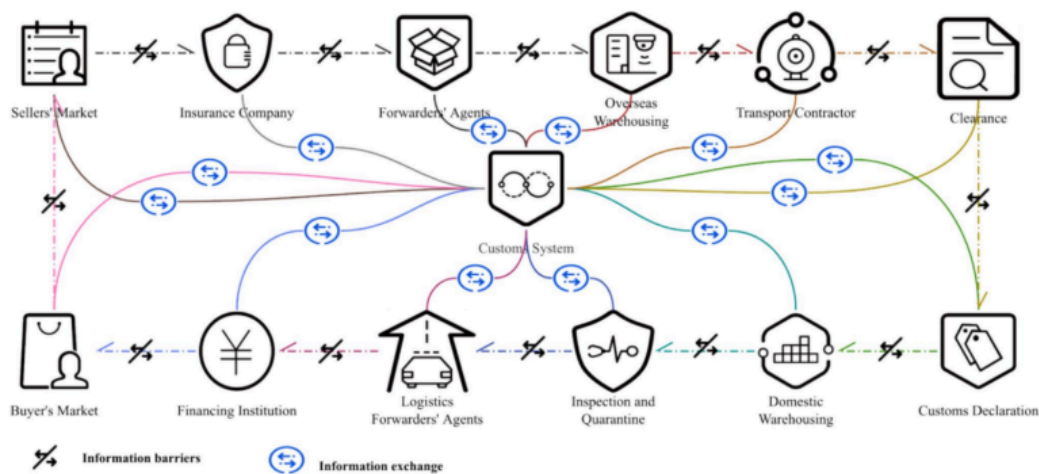


Tabla 1: Ineficiencias del comercio internacional. Fuente: Wang et al. 2025

Ante este panorama, el rápido desarrollo de la tecnología blockchain ha llevado a un compartido reconocimiento de su potencial para transformar el comercio transfronterizo, especialmente para **resolver el déficit de confianza** mediante contratos inteligentes criptográficamente reforzados. (Wang et al. 2025) Caracterizada por la **descentralización, inmutabilidad, transparencia, trazabilidad y alta seguridad**, la introducción de la tecnología blockchain en el seno del comercio internacional proporciona soluciones novedosas al establecer plataformas distribuidas y seguras de registro de datos y transacciones, permitiendo ello una transmisión transparente, segura y eficiente de la información comercial.

1.3. Objeto de estudio: Los contratos inteligentes como herramienta de transformación.

En el seno de la ya mencionada “Era de la Cuarta Revolución industrial” emerge en el ámbito de la contratación internacional una nueva potencial herramienta de transformación: los “*smart contracts*” o contratos inteligentes.

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

Mediante contratos inteligentes, la tecnología blockchain permite la ejecución automatizada y pone a disposición mecanismos de confianza en el comercio internacional. Las partes los pueden utilizar para llegar a acuerdos y ejecutar automáticamente los términos del contrato, reduciendo los intermediarios y la intervención humana, disminuyendo así los costes de confianza y los riesgos de transacción. Gracias a los smart contracts, **se simplifican los procesos de transacción** ya que brindan la oportunidad de ejecutar automáticamente las transacciones según condiciones y reglas preestablecidas, **reduciendo la necesidad de la intervención humana** y, por ende, **mejorando la eficiencia** y la **velocidad de las transacciones**. (Wang et al. 2025)

El trabajo analiza jurídicamente los contratos inteligentes en el CI para determinar su capacidad de superar las insuficiencias de la contratación tradicional y evaluar los requisitos para su integración en el ordenamiento jurídico. Para ello, se examinan tres dimensiones: (i) la configuración de los contratos inteligentes como negocio jurídico, confrontando sus elementos técnicos con los requisitos de validez de los contratos mercantiles; (ii) un estudio de derecho comparado entre la UE (modelo de civil law, seguridad jurídica y armonización) y EE.UU. (modelo de common law, regulación fragmentada e innovación); y (iii) casos prácticos para identificar obstáculos jurídico-prácticos como la resolución de disputas y la protección de datos.

1.4. Objetivos del trabajo .

El objetivo general del presente trabajo es analizar, desde una perspectiva jurídico-comparada, la idoneidad de los contratos inteligentes como sustitutos o

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

complementos de la contratación mercantil tradicional, identificando los principales obstáculos normativos para su plena validez y seguridad jurídica.

Para ello, se plantean una serie de objetivos específicos:

- Conceptual: delimitar los elementos técnicos y jurídicos esenciales de los contratos inteligentes y contrastarlos con los requisitos de validez de los contratos mercantiles tradicionales.
- Analítico-comparativo: examinar y comparar los marcos de reconocimiento jurídico, las iniciativas legislativas y la aproximación jurisprudencial hacia los contratos inteligentes en la UE y EE.UU.
- Práctico-crítico: analizar casos de implementación real en el comercio transfronterizo para evaluar su funcionamiento práctico y exponer las cuestiones jurídicas transversales (protección de datos y resolución de disputas).
- Propositivo: formular conclusiones fundamentadas y propuestas para fomentar un entorno seguro y propicio para la innovación en la contratación internacional.

1.5. Metodología.

El trabajo emplea una metodología cualitativa basada en el análisis documental y normativo, estructurada en tres ejes: (i) análisis doctrinal de la literatura jurídica especializada sobre blockchain y contratos inteligentes; (ii) análisis legislativo y jurisprudencial de normativas y resoluciones judiciales relevantes; y (iii) derecho

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

comparado para contrastar las aproximaciones regulatorias de la UE y EE.UU., identificando convergencias y divergencias.

CAPÍTULO 1: MARCO CONCEPTUAL Y TÉCNICO

1.1. La tecnología Blockchain: ideas básicas y los siete principios esenciales.

Antes de entrar en el estudio de los contratos inteligentes, es esencial realizar una breve introducción a la tecnología blockchain. En los últimos años, esta tecnología ha sido objeto de gran interés, pudiendo afirmarse que está cambiando el mercado y las transacciones tal como las conocíamos.

1.1.1. Ideas básicas de la tecnología blockchain.

Moreno (2021) define blockchain como *"una tecnología que se engloba en la denominada 'de registro distribuido' (DLT) con una serie de especificaciones técnicas: una base de datos segura copiada y sincronizada en tantos ordenadores como componen la red descentralizada, que es su esencia"* (p. 59). Su aparición obedece a la convergencia de dos corrientes ideológicas: la emancipación del individuo respecto del Estado y la consideración del ciberespacio como un territorio con ordenamiento jurídico propio. Con un espíritu reivindicador, esta tecnología emergió con el nombre de Bitcoin en el contexto de la crisis financiera de 2008, pretendiendo revertir la centralización financiera prescindiendo de intermediarios. Con el tiempo, su objetivo ha ido más allá, extendiéndose al intercambio de *"activos de valor o a los que se ha empezado a otorgar*

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -

valor: los criptoactivos, así como a otro tipo de transacciones entre particulares, consumidores y empresas" (Crous, 2022, p. 347).

Las características de las transacciones que facilita han permanecido inmutables: **publicidad, autonomía, descentralización, distribución y seguridad**. Arruñada (2020) define blockchain como "*libro mayor 'distribuido' o descentralizado (un distributed ledger) que permite el intercambio entre iguales y sin intermediarios (peer-to-peer o P2P), capaz de contener el historial de todas las transacciones anteriores, constituyendo por sí misma una fuente de evidencia para establecer quién posee qué en cada momento*". García Teruel (2020), de forma más clara, señala que "*esta tecnología se configura como una base de datos digital, inmutable, compartida y sincronizada, que funciona a modo de archivo distribuido y desintermediado entre diversos usuarios*".

Mechanism	Blockchain's impact	Example
Increasing speed and efficiency	Based on slow paper-based procedures and a large number of physical interactions: Blockchain increases speed by digitizing	ICICI's blockchain pilot with Dubai's Emirates NBD bank: all parties of the transaction could access data in real-time. IBM's pilot test of the shipment of oranges from China to Singapore: relevant information was transmitted in one second
Reducing fraudulent transactions	Widespread fraud: Blockchain promotes transparency	MonetaGo: creates an invoice's hash—if a trader submits the same invoice to more than one trade finance platforms, the hash will match, which raises a red flag.
Increasing access to finance for international trade activities	The global trade finance gap is significant: Smart contracts and single digital records for customs clearance enable SMEs' access to trade finance.	OneConnect: can evaluate potential customers creditworthiness by extracting a wide range of company data
Reducing the costs of international trade	High costs of due diligence lead to high trade finance costs: Reduces the amount of documentation and manpower needed to process transactions	OneConnect: can evaluate potential customers creditworthiness at a low cost
Extensive paper work and physical interactions: Blockchain-based systems digitize them		Easy Trading Connect: cost saving of up to 30%.

Tabla 2 : mecanismos clave asociados con el papel de la tecnología blockchain para facilitar las actividades de CI / Fuente:

Kshetri, 2019

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

1.1.2. Los principios esenciales.

Al analizar varios proyectos iniciados con tecnología blockchain, se puede sustraer la aspiración común de los desarrolladores de **hacer valer los derechos humanos**. En este sentido, el foco no solo mira hacia el derecho de la privacidad y de la seguridad sino que también contempla el derecho de la propiedad, del reconocimiento de nuestra condición legal como personas, de la participación en el gobierno, la economía y la cultura. (Tapscott y Tapscott, 2017, p. 134) Se podría afirmar que esta segunda era de la economía digital podría inspirarse en la visión de **Satoshi Nakamoto**, pseudónimo utilizado por quién (o quiénes) acuñó por primera vez el término *bitcoin* con la publicación del artículo en 2008 “*Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*”. Su visión se limitaba al dinero, sin vocación de transformar instituciones. Sin embargo, su paradigma tenía gran potencial por su sencillez y originalidad. Aunque nunca escribió expresamente sobre los principios de blockchain, estos pueden encontrarse implícitos en la plataforma que creó y constituirán la siguiente era de la economía digital, caracterizada por una confianza renovada (Tapscott y Tapscott, 2017, p. 135).

Tapscott y Tapscott (2017) identifican **siete principios** que sustentan la tecnología blockchain: **(i) integridad en la red** (la confianza es intrínseca, actuar sin integridad resulta extremadamente costoso); **(ii) poder distribuido** (no existen puntos centrales de control); **(iii) valor como incentivo** (el sistema alinea los incentivos mediante criptomonedas); **(iv) seguridad** (medidas integradas en la red); **(v) privacidad** (los usuarios controlan sus propios datos); **(vi) derechos preservados** (los

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

derechos de propiedad son transparentes); y **(vii) inclusión** (eliminación de obstáculos para un capitalismo distribuido).

1.2. Definición, características y funcionamiento de los smart contracts.

1.2.1. Definición.

Cuando se hace referencia a los contratos inteligentes debe mencionarse siempre un nombre: **Nick Szabo**. Este visionario no sólo es conocido por su trabajo en el área de las criptomonedas con proyectos como *Bit Gold* sino que también es el responsable de haber introducido el concepto de *los smart contracts*.

Este criptógrafo e informático estadounidense sentó las bases de tecnologías que hoy dominan el sector. Nacido en 1964, conceptualizó los contratos inteligentes mucho antes del auge de la blockchain, de aquí que pueda considerarse un auténtico visionario. Mientras estudiaba en la Universidad de Washington encontró su pasión por la informática. Obtuvo un título en ciencias de la computación, seguido de un doctorado en jurisprudencia. Esta doble formación le permitió forjar una visión única: combinar derecho y tecnología para crear mecanismos de confianza sin intermediarios humanos.

Durante la década de 1980, Szabo se dedicó en cuerpo y alma a explorar las criptomonedas incipientes, interesándose por las monedas digitales descentralizadas. La idea que resuena en su obra es la “escalabilidad social”, concepto que define como la capacidad de las sociedades para crecer sin depender excesivamente de la confianza mutua.

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

En 1994, mismo año en que Netscape, primer navegador web, salió al mercado, Szabo publica un artículo fundacional sobre los contratos inteligentes titulado “*Smart Contracts*”. Realiza una descripción de estos acuerdos autoejecutables, codificados de tal forma para activarse sin intermediarios.

En este mismo artículo los define de la siguiente forma: “*Un contrato inteligente es un protocolo transaccional informatizado que ejecuta los términos de un contrato. La idea general del contrato inteligente es satisfacer condiciones contractuales normales (como términos de pago, gravámenes, confidencialidad e, incluso, recurso a la ley), minimizar excepciones tanto maliciosas como accidentales, y minimizar la necesidad de intermediarios. Los objetivos económicos son reducir las pérdidas por fraude, los costes de arbitraje y recursos legales, y otros costes transaccionales.*” (Szabo, 1994)

Asimismo, resulta interesante la definición que el **Reglamento (UE) 2023/2854 de Datos** expone en su **artículo 2.39**: “*programa informático utilizado para la ejecución automatizada de un acuerdo o de parte de este, que utiliza una secuencia de registros electrónicos de datos y garantiza su integridad y la exactitud de su orden cronológico.*” Esto es, que la ejecución del acuerdo se producirá total o parcialmente de forma automática una vez que las partes hayan acordado el uso del contrato inteligente.

1.2.2. Características

Las principales características de los contratos inteligentes son tres (Vičius, 2025, p. 163): primera, se celebran y existen sólo en formato electrónico, redactándose mediante código software bajo el principio “*si x..., entonces y...*”; segunda, se ejecutan **automáticamente**, sin que la ejecución dependa de la voluntad ulterior de las partes;

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

tercera, son **inmutables**, sólo pudiendo ser revocados o modificados bajo las condiciones expresamente previstas en el código.

Tal y como se define en ***Williams v. Block.One*** (S.D.N.Y., 2022), “*Los contratos inteligentes “son programas que verifican y garantizan el cumplimiento de la negociación o ejecución de contratos binarios” y, “en consecuencia, se ejecutan y aplican a sí mismos, haciendo que las transacciones resulten más seguras y menos gravosas”*”.

1.2.3. Funcionamiento

En el contrato inteligente, el “*código es la ley*”, ejecutándose inexorablemente lo programado . La tecnología blockchain dota de inmutabilidad al código mediante un sistema de claves criptográficas y control descentralizado, donde los nodos, mediante consenso, garantizan el desarrollo del contrato tal como ha sido predeterminado (Ríos, 2019). Tal y como apuntan Llamas y Díaz (2023), “*De manera diligente, el funcionamiento de un contrato inteligente radica en tres pasos, primero se define, después se verifica y finalmente se ejecuta sobre la red Blockchain.*”

En ***In re Bibox Group Holdings Limited Securities Litigation*** (S.D.N.Y., 2021), el tribunal resume el funcionamiento de la siguiente forma: “*Un contrato inteligente permite que las partes definan las cláusulas de su acuerdo y envíen los criptoactivos previstos en el contrato a un destino seguro. A continuación, el contrato inteligente distribuye automáticamente los criptoactivos a la parte que corresponda una vez que se satisfacen las condiciones previstas en el código.*”

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

Feliu Rey (2018) ilustra este proceso con el siguiente ejemplo:

“Imaginemos una mesa de reuniones alrededor de la cual se sienta un número significativo de personas. Cada una de estas personas (ordenadores o nodos conectados) tiene un libro de registro en blanco donde realiza anotaciones (sistema descentralizado). La primera anotación, sigamos con el ejemplo, es que A tiene 50 acciones y se las quiere transmitir a B. Primero se verifica que A tiene 50 acciones que puede transmitir (bloque con información), y se comprueba que todos los miembros de la mesa están de acuerdo con esta anotación inicial (sistema de verificación por consenso descentralizado). Luego se transmite a B. Como todos tienen en su libro que A es el titular y las puede transmitir, proceden a anotar la transmisión a B.

Si A quiere volver a transmitir esas acciones, no podría porque ya no consta en el registro como titular y los miembros de la mesa al verificar tal información rechazarían la anotación, por lo que no permitirían esa transacción.

Sólo B podría transmitir las acciones ulteriormente. Intentar una alteración de los registros, aunque no es imposible, exigiría un consenso de todos los miembros de la mesa y una modificación en todos los nodos de cadenas de bloques que recogen un tracto sucesivo, lo que resultaría, sin duda, altamente improbable.”

Una vez comprendido el funcionamiento técnico de los smart contracts, resulta necesario analizar su naturaleza jurídica y contrastar con la del contrato tradicional.

1.3. Distinción jurídica: contrato tradicional vs. contrato inteligente

Históricamente, el contrato escrito surgió como un mecanismo para codificar obligaciones y crear confianza. Sin embargo, los contratos tradicionales presentan

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

limitaciones: están hechos de "átomos" (papel), no de "bits", y solo sirven para documentar un acuerdo, no para ejecutarlo automáticamente (Tapscott y Tapscott, 2017, p. 232). En este contexto, es preciso diferenciar entre **contrato electrónico** y **contrato inteligente**. Valencia Ramirez (2019) explica que *"los contratos electrónicos se constituyen como aquellos acuerdos de voluntad que se pueden realizar por cualquier medio digital, mientras que el contrato inteligente necesita de un lenguaje de programación especial y de plataformas digitales para su correcto funcionamiento. Gracias a esto, los contratos inteligentes son capaces de ejecutarse automáticamente con las condiciones pactadas, lo cual no requiere interpretación ni de un tercero que dé fe de su contenido"* (p. 5).

Como destaca Szabo, los smart contracts no solo pueden captar más tipos de información, sino que son dinámicos: pueden **ejecutar decisiones** (Tapscott y Tapscott, 2017, p. 234). En sus propias palabras, *"los medios digitales pueden hacer cálculos, manejar máquinas directamente y operar por medio de cierta clase de razonamientos de una manera mucho más eficiente que los humanos"* (Szabo, 1996). Ahora bien, el contrato inteligente se configura como un protocolo que hace realidad lo pactado, y nada más que lo pactado, **a diferencia de los contratos tradicionales donde pueden surgir disputas interpretativas**. Ello constituye un problema, ya que lo establecido en la cadena de bloques no podrá ser modificado por lo que debe actuarse con extrema diligencia al suscribirlos (Valencia Ramirez, 2019, p. 5). En este sentido, la **rigidez propia del código** en el que están basados los smart contracts puede acarrear consecuencias negativas, y más en los entornos contractuales, en los cuales la **flexibilidad constituye un factor esencial para interpretar términos que no se**

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -

pueden expresar mediante lenguaje informático como, por ejemplo, la “buena fe”.

(Finck, 2019, p. 80)

Cierto es que los contratos tradicionales pueden resultar incompletos, pero en ellos las cláusulas pueden declararse inválidas o injustas por una autoridad: permiten flexibilidad y adaptación mediante interpretación judicial o cláusulas abiertas. Por su lógica “*if...then...*”, los SC requieren codificar todas las contingencias posibles, **elevando los costes de redacción y reduciendo la capacidad de adaptación.**(Vatiero, 2024, p. 517) En el código fuente informático puede ocurrir que la idea y el código informático no sean lo mismo y tengan resultados no deseables. (Llamas y Díaz, 2023, p. 46)

Contrato	Tradicional	Electrónico	Inteligente
Soporte	Papel	Digital (no ejecutable)	Código autoejecutable
Ejecución	Voluntad de las partes	Voluntad de las partes	Automática
Interpretación	Humana (jueces)	Humana	El código es la ley

Tabla. 3: Tabla resumen de los tipos de contrato. Fuente: elaboración propia.

1.4. Ventajas y desventajas generales en el comercio internacional.

1.4.1. Ventajas.

La **confianza** en los negocios consiste en esperar que la otra parte actúe con integridad. Crear confianza cuesta mucho y las empresas se organizan verticalmente porque es más fácil crear confianza dentro de sus límites que en el mercado abierto (Tapscott y Tapscott, 2017, p. 243). Economistas como Jensen (2014) sostienen que la

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

integridad debe considerarse un **factor productivo**, *"tan importante como el trabajo, el capital y la tecnología"*. Sin embargo, el oportunismo y la ganancia rápida forman parte del ADN del sistema financiero occidental (Tapscott y Tapscott, 2017, p. 244).

Es aquí donde entra en acción blockchain. Al partir de principios como la **honradez, responsabilidad y transparencia**, las partes pueden establecer pactos sin necesidad de confiar una en otra. Omohundro (2015, citado por Tapscott y Tapscott, 2017, p. 245) ilustra: *"Si alguien de Nigeria quiere comprar algo que yo vendo, seré muy escéptico. Con la nueva plataforma, sé que puedo confiar y no tengo que gastar en crear confianza"*. El sistema blockchain permite que los costes de buscar, contratar y crear confianza caigan en picado, facilitando relaciones con partes externas. Gracias a los contratos inteligentes, los ejecutivos deben respetar los compromisos tal como han quedado registrados informáticamente, y la plataforma obliga a las partes a ello (Tapscott y Tapscott, 2017, p. 246).

1.4.2. Desventajas: problemas prácticos.

Sin embargo, los problemas prácticos demuestran que las partes aún necesitan recurrir a medidas tradicionales. Los contratos inteligentes pueden ser objeto de manipulación, fraude, o estar codificados de forma que no se ajusten a la intención de las partes (Vičius, 2025, p. 161). Pese a su pretendida autosuficiencia, las eventuales desavenencias habrán de ser resueltas, en última instancia, ante los tribunales estatales (Fernández Rozas et al., 2024, p. 317). Estos autores ilustran la problemática: *"desavenencias referidas a errores en la configuración del programa informático; controversias acerca de la **ilicitud de ciertos compromisos**; o reclamaciones relativas a*

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

*que pese a la terminación del contrato subyacente, el automatismo del **smart contract** ha ejecutado una prestación".*

A estas dificultades se suma un problema estructural reconocido por la **Decisión O/0965/23 de la Intellectual Property Office del Reino Unido** (2023), que señala que los contratos inteligentes son inherentemente "*immutable*" y que, una vez desplegados, "*may be very difficult to change*" (pueden ser muy difíciles de modificar) (p.2). La misma resolución advierte que si se cumplen las condiciones preprogramadas para la terminación, por ejemplo, que "*amount owed exceeding collateral value*" (el importe adeudado supere el valor de la garantía), "*the contract will be terminated early*" (el contrato se extinguirá anticipadamente) (p. 2). A diferencia del contrato tradicional, donde las partes pueden renegociar o un juez puede integrar la buena fe, el contrato inteligente ejecuta inexorablemente lo programado, **incluso si ello resulta perjudicial para una de las partes** (Intellectual Property Office, 2023).

CAPÍTULO 2: RECONOCIMIENTO JURÍDICO Y DESAFÍOS NORMATIVOS: UN ANÁLISIS COMPARADO

2.1. La validez del contrato inteligente como contrato. Problemática: la voluntad.

Típicamente el llamado smart contract no es un contrato en sentido propio sino que debería considerarse más bien como "*un instrumento para el cumplimiento automatizado (y eventualmente la acreditación de circunstancias) de ciertos compromisos vinculados a una relación subyacente, documentada en lenguaje de programación para hacer posible su incorporación a la base de datos compartida.*"

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

(Fernández Rozas et al., 2024, p. 317) Finck (2019) añade que *"a menudo los smart contracts no pueden calificarse como contratos en el sentido legal; suelen ser una relación condicional programable (if...then...) incapaz de tener en cuenta factores contextuales más amplios"* (p. 80)

Así, los contratos inteligentes no cuentan con una **regulación expresa** y por ende deben regirse por la legislación aplicable a cualquier otro contrato. Por ejemplo, en España, partiendo de la regulación que los artículos **1089, 1091, 1261 y 1278 del Código Civil** efectúan de los contratos, sería posible categorizar al *"smart contract"* como *"negocio jurídico fruto de una libre autonomía de la voluntad de las partes siempre que exista un previo consentimiento por parte de aquéllas sobre las prestaciones que constituyan su objeto, y la causa del mismo sea válida."* (Ríos, 2019)

En el desarrollo de un contrato se distinguen tres fases: **generación, perfección y consumación**.

El **consentimiento** es una base fundamental para todo tipo de acuerdo o contrato. A través de este, las partes entienden los términos del acuerdo, comprendiendo los derechos, obligaciones y deberes que pactan: es imperante poner atención en su obtención y demostrar que fue libre, específico, informado e inequívoco. (Llamas y Díaz, 2023) En los smart contracts, **la ejecución es automática**, sin requerir consentimiento ulterior, lo que **plantea dudas sobre el elemento esencial de la voluntad** (Valencia Ramirez, 2019, p. 5-6).

Los SC pueden cumplir las condiciones de **validez** pero deben respetar los principios de **consentimiento, claridad y buena fe**. El código en el que están basados

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -

no sustituye el derecho, sino que debe integrarse en el marco legal existente. (Di Angelo et. al, 2019)

La validez de los smart contracts bajo la Convención de Viena (CISG)

La **Convención de Viena** (CISG, 1980), ratificada por más de 90 países, incluyendo España y EE.UU., constituye el régimen por defecto para la compraventa internacional. Duke (2019) sostiene que un smart contract puede ser válido bajo la CISG si cumple los requisitos de formación (arts. 14-24), como resume la Tabla 4:

Requisito	Artículo	Cumplimiento por el smart contract
Oferta	14	Propuesta en código es "suficientemente definitiva" si indica mercancías, cantidad y precio; puede dirigirse a persona específica (p. 166-168).
Intención de obligarse	8	Demostrable por usos y prácticas, o por la configuración autoejecutable del smart contract (p. 167-168).
Aceptación	18	Mediante conducta (ejecutando la prestación) o mediante firma digital (p. 169-170).

Tabla 4: Cumplimiento de los requisitos de formación de la CISG por los smart contracts. Fuente: elaboración propia.

Además, el **art. 11** elimina cualquier requisito de forma escrita y el **art. 13** (que define "*escritura*" incluyendo telegrama y télex) se ha interpretado extensivamente para

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

incluir comunicaciones electrónicas (p. 170-172). El principal obstáculo es el **art. 4**, que excluye las cuestiones de "*validez*". Duke adopta la interpretación "internacionalista", según la cual la CISG prevalece sobre el derecho nacional cuando sus disposiciones abordan la cuestión (p. 164-166). Dado que los smart contracts pueden cumplir los requisitos, son válidos bajo la CISG.

2.2. Análisis del marco en la Unión Europea:

La UE integra países de civil law (Alemania, Francia) y common law (Irlanda, Malta), cuyas diferentes tradiciones jurídicas dificultan la armonización de la regulación de los contratos inteligentes. Algunos Estados, como Estonia o Malta, buscan posicionarse como centros tecnológicos. Frente a este panorama fragmentado, la UE ha optado por un enfoque armonizador, tratando de establecer un marco jurídico común que, sin impedir la innovación, proporcione seguridad jurídica y salvaguarde la protección de datos.

2.2.1. Reglamento (UE) n.º 910/2014 relativo a la identificación electrónica y los servicios de confianza para las transacciones electrónicas (eIDAS)

La falta de seguridad en la transmisión de datos y la naturaleza abierta de Internet generan riesgos específicos en relación con la **identidad de los participantes**, la **integridad de los mensajes** y la **prueba** de los elementos relevantes para la formación del contrato. Ello explica el interés por regular mecanismos de firma electrónica, sellos electrónicos y autenticación de sitios web, como hace el **Reglamento (UE) n.º 910/2014 (eIDAS)** (Fernández Rozas et al., 2024, p. 309-310).

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

El eIDAS establece un marco legislativo para las firmas electrónicas y articula su equivalencia legal con las manuscritas. Sin embargo, su **aplicación** a los contratos inteligentes **no resulta clara**. Genera dudas sobre cómo aplicar la identificación electrónica cuando las partes no utilizan los procesos de autenticación tradicionales. Esto puede causar problemas para demostrar la validez de los smart contracts, ya que las partes deben estar identificadas, extremadamente importante si el registro distribuido permite transacciones anónimas o bajo seudónimo, y el eIDAS no ofrece una orientación clara al respecto (Vičius, 2025, p. 168).

2.2.2. El Reglamento (UE) 2023/1114 relativo a los mercados de criptoactivos (MiCA)

El **Reglamento MiCA**, en vigor desde el 9 de junio de 2023, crea un régimen armonizado para los criptoactivos. Aunque se extiende a algunos aspectos relacionados con los contratos inteligentes, su articulado no contiene disposiciones que los regulen de forma directa. No obstante, su adopción muestra el creciente interés por establecer un marco jurídico para su regulación en la UE (Vičius, 2025, p. 170).

La relevancia práctica del MiCA ha sido reconocida por la jurisprudencia española. La **Audiencia Nacional (Sentencia 8/2026)** cita expresamente su artículo 3, que define el "*criptoactivo*" como "*una representación digital de un valor o derecho, transferible y almacenable electrónicamente mediante la tecnología de registro distribuido (blockchain) o una tecnología similar*" (FJ 176). Los tribunales ya incorporan las definiciones del MiCA como parámetro interpretativo (SAN 8/2026).

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

2.2.3. El Reglamento (UE) 2023/2854 de Datos (Data Act)

La UE adoptó el Data Act para garantizar un marco armonizado para el acceso y uso de datos. Su **artículo 2.39** ofrece una noción tecnológicamente neutra de contrato inteligente, que no necesita basarse en soluciones blockchain. Cualquier tecnología que cumpla los requisitos del Reglamento para la ejecución automatizada de un acuerdo de intercambio de datos podría ser reconocida como smart contract.

El **artículo 36** establece los "**Requisitos esenciales relativos a los contratos inteligentes**" para acuerdos de intercambio de datos. Impone a los proveedores cinco obligaciones: solidez frente a manipulaciones, mecanismos de resolución e interrupción segura, archivo de datos y código, control de acceso y coherencia con el acuerdo subyacente. Destaca especialmente la exigencia de un mecanismo que permita "*poner fin a la ejecución de transacciones*" y "*evitar futuras ejecuciones accidentales*" (art. 36.1.b), lo que matiza la pretendida irrevocabilidad de los smart contracts. También se exige una evaluación de conformidad y una declaración UE de conformidad (art. 36.2-3).

Pese a sus esfuerzos, el Data Act ha sido criticado por ser insuficiente y restrictivo, al abordar sólo los contratos inteligentes utilizados para compartir datos, sin mencionar otras aplicaciones (por ejemplo, el contrato inteligente como acuerdo).

Este alcance restringido del reglamento origina una sensación de **inseguridad jurídica** y **pocas garantías** a los usuarios de contratos inteligentes dentro de la UE y la coloca en una posición de desventaja competitiva frente a otros mercados.

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

El principal problema es la necesidad de consenso entre Estados miembros con diferentes tradiciones jurídicas. Además, los **requisitos del art. 36 podrían contradecir la funcionalidad inherente a los smart contracts**, pues no resulta claro cómo cumplir el Data Act **sin comprometer las ventajas tecnológicas** (Vičius, 2025, p. 169).

Sin perjuicio de lo anterior, el Data Act supone un primer paso hacia una regulación europea de los contratos inteligentes, siquiera limitada al intercambio de datos. Su mérito principal es haber trasladado al lenguaje normativo requisitos técnicos que hasta ahora solo se discutían en foros especializados.

2.2.4. Jurisprudencia relevante .

Aunque no versa específicamente sobre contratos inteligentes, resulta relevante citar la **Sentencia del TJUE de 22 de octubre de 2015 (asunto C-264/14, Hedqvist)**, el primer pronunciamiento sobre criptomonedas. El tribunal define el bitcoin como "*un medio de pago directo entre los operadores que la aceptan*" (apartado 42), sentando jurisprudencia sobre su naturaleza como medio de pago transfronterizo (TJUE, asunto C-264/14, Hedqvist).

La jurisprudencia europea sobre contratos inteligentes es aún escasa, pero comienzan a aparecer resoluciones significativas.

El **Bundesfinanzhof** en su sentencia de **14 de febrero de 2023** ha reconocido explícitamente los contratos inteligentes. Al analizar Ethereum (ETH), cita el Whitepaper de Vitalik Buterin, reproduciendo su definición: "*allowing anyone to write smart contracts and decentralized applications where they can create their own*

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

arbitrary rules for ownership" (FJ 41). Es un reconocimiento judicial inequívoco de los smart contracts como instrumentos operativos en blockchain (Bundesfinanzhof, 2023).

La **Audiencia Provincial de Barcelona (Sentencia 731/2025)** define el NFT como "*un activo digital único e irrepetible, creado y gestionado mediante tecnología blockchain*", implementado "*mediante un contrato inteligente (smart contract) que determina sus condiciones de transmisión, uso o licenciamiento*" (FJ 42.3). Se reconoce judicialmente los contratos inteligentes como instrumentos jurídicamente válidos y se ofrece una definición actualizada aplicable al comercio electrónico (SAP Barcelona 731/2025).

El **Finanzgericht Nürnberg (2025)** reconoció que el token Binance Coin (BNB) puede utilizarse para "*die Unterstützung von Smart Contracts*" (el apoyo de contratos inteligentes) (FJ 206) (Finanzgericht Nürnberg, 2025).

La Corte Suprema di Cassazione italiana (**Sentencia n. 37767/2023**) reconoció un "*registro informático no alterabile*" (registro inalterable) y la transmisión de datos "*mediante smart contract*" (pág. 3). La defensa argumentó que "*il sistema di blockchain e criptovalute utilizzato [...] non sarebbe disciplinato in Italia*" (pág. 7), afirmación que el tribunal no rechazó, evidenciando la necesidad de una regulación armonizada en la UE (Corte Suprema di Cassazione, 2023).

El TC español (**STC 36/2023**) declaró constitucional la prohibición temporal de blockchain en sistemas de identificación electrónica, argumentando que el Estado puede establecer prevenciones "*en tanto no exista un marco regulatorio ad hoc de carácter estatal o europeo*" (FJ 3). Reconoce así la falta de regulación armonizada en la UE (STC 36/2023).

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

El Tribunal de Distrito de Oost-Brabant (Países Bajos) en su **Sentencia de 14 de mayo de 2024** en el caso Tornado Cash, define los smart contracts como "*códigos programados de tal manera que ejecutan automáticamente una orden cuando se cumple una determinada condición*", destacando su carácter autónomo y el hecho de que, una vez desplegados, "*es técnicamente imposible retirarlos*" (pág. 6-7). Constituye un precedente sobre la naturaleza jurídico-técnica de los contratos inteligentes (Rechtbank Oost-Brabant, 2024).

La clasificación legal de los smart contracts en la UE sigue siendo controvertida. Su aplicabilidad depende de la ley elegida y de normas técnicas que verifiquen identidad e intención, elementos carentes de uniformidad. Por ahora, los smart contracts complementan, en lugar de sustituir, a los intermediarios tradicionales (Arnone, 2025, p. 7).

2.3. Análisis del marco en Estados Unidos:

El sistema estadounidense se caracteriza por una regulación fragmentada a nivel estatal, donde algunos Estados han emergido como pioneros en el reconocimiento legal de los smart contracts.

2.3.1 Aproximación estatal: Ley Uniforme de Transacciones Electrónicas (UETA).

La ausencia de una definición ampliamente aceptada de blockchain provoca que los legisladores estatales carezcan de orientación, dando lugar a definiciones diferentes

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

y a veces contradictorias. En el contexto de la **UETA** los estados modifican sus propias versiones como signo de adaptación a esta tecnología emergente.

Promulgada en 1999 y adoptada por 49 estados, el Distrito de Columbia, Puerto Rico y las Islas Vírgenes, la UETA establece la equivalencia legal de los registros y firmas electrónicas con los documentos en papel y las firmas manuscritas, eliminando barreras al comercio electrónico (Bosco, 2019, p. 244). Su objetivo es limitado: "*un registro electrónico de una transacción es el equivalente al de un registro en papel, y una firma electrónica tendrá el mismo efecto legal que una firma manuscrita*" (citar 12).

La UETA establece en su **sección 7** cuatro reglas fundamentales: *(a) no se puede negar efecto legal a un registro o firma por estar en formato electrónico; (b) tampoco a un contrato por haberse utilizado un registro electrónico; (c) un registro electrónico cumple con el requisito legal de "por escrito"; (d) una firma electrónica cumple con el requisito legal de firma.*

De estas reglas se infieren las definiciones de la **sección 2**: (5)"*Electrónico*" se refiere a tecnologías eléctricas, digitales, magnéticas o similares; (7)"*Registro electrónico*" es la información creada o almacenada por medios electrónicos; (8)"*Firma electrónica*" es cualquier sonido, símbolo o proceso electrónico asociado a un registro con intención de firmar; y (13)"*Registro*" es la información inscrita en un medio tangible o electrónico recuperable en forma perceptible.

Estas disposiciones básicas son las reglas afectadas por las revisiones adoptadas por los tres estados que se analizan a continuación.

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

2.3.2 Legislación específica en estados pro-tecnología: Arizona, Nevada y Tennessee.

Los estados de Arizona, Nevada y Tennessee resultan un ejemplo y modelo a seguir como estados pro-tecnología. Tiempo después de adoptar la UETA, modificaron específicamente sus códigos para que los registros mantenidos en una cadena de bloques constituyeran “registros electrónicos” según la UETA. Los estatutos promulgados por estos tres estados otorgan reconocimiento legal a los registros electrónicos creados, almacenados o verificados mediante el uso de blockchain.

a) Arizona.

Arizona aprobó en marzo de 2017 la **sección 7061** del **título 44**, que define "*Tecnología blockchain*" como "*tecnología de registro distribuido que utiliza un registro distribuido, descentralizado, compartido y replicado, que puede ser público o privado, con permiso o sin permiso. Los datos en el libro mayor están protegidos con criptografía, son inmutables y auditables, y proporcionan una verdad no censurada*". Define "*contrato inteligente*" como "*un programa impulsado por eventos, con estado, que se ejecuta en un libro mayor distribuido, descentralizado, compartido y replicado y que puede tomar custodia y ordenar la transferencia de activos en ese libro mayor*". Además, establece que "*una firma que se asegura mediante la tecnología blockchain se considera que está en forma electrónica y que es una firma electrónica*", que "*un registro o contrato asegurado mediante blockchain se considera un registro electrónico*", y que "*los contratos inteligentes pueden existir en el comercio*", **no**

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

pudiéndose negar su efecto legal únicamente por contener un término de contrato inteligente.

b) Nevada

Aprobada en junio de 2017, la enmienda a la UETA de Nevada define “*blockchain*” en su articulado (§719.045) como “*un registro electrónico de transacciones u otros datos que: 1. Está ordenado uniformemente; 2. Se mantiene o procesa de forma redundante por una o más computadoras o máquinas para garantizar la consistencia de las transacciones u otros datos registrados; y 3. Se valida mediante el uso de criptografía.*”

c) Tennessee

En marzo de 2018 el gobernador de Tennessee promulgó una ley que modificaba la UETA estatal. Define en el **título 47, capítulo 10, parte 2**: (1) “*Tecnología de registro distribuido*” como “*cualquier protocolo de registro distribuido e infraestructura de apoyo, incluyendo blockchain, que utilice un registro distribuido, descentralizado, compartido y replicado, ya sea público o privado, con permisos o sin permisos*”; (2) “*Contrato inteligente*” como “*un programa informático impulsado por eventos, que se ejecuta en un registro distribuido electrónico, descentralizado, compartido y replicado que se utiliza para automatizar transacciones*”, incluyendo la transferencia de activos, creación de activos electrónicos, sincronización de información y gestión de identidad. Tennessee establece además que “*un registro o contrato que esté asegurado mediante tecnología de registro distribuido se considera que está en forma electrónica y que es un registro electrónico*”, y que “*los contratos inteligentes pueden existir en el*

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

comercio", **no pudiéndose negar su efecto legal únicamente por ejecutarse mediante un contrato inteligente** (Tenn. Code Ann. § 47-10-201 y § 47-10-202)

2.3.3. Jurisprudencia relevante.

La jurisprudencia estadounidense sobre SC es aún escasa. Los tribunales aplican las categorías contractuales tradicionales (oferta, aceptación y consideración) a las nuevas tecnologías, exigiendo una manifestación de voluntad clara y rechazando la automatización como sustituto del consentimiento informado. Se analizan las decisiones más relevantes:

Acerca de la **naturaleza jurídica de los SC**, destaca la sentencia **Van Loon v. Department of the Treasury** (5th Cir. 2024) en la que se analizó si los contratos inteligentes inmutables de Tornado Cash podían ser considerados propiedad a efectos de la IEEPA. Se define el SC como "*a software or computer program that is uploaded onto the blockchain network*" programado para ejecutar tareas automáticamente. Distinguió entre contratos inteligentes mutables e inmutables, señalando que estos últimos "*cannot be altered, removed, or controlled*" por persona alguna. Sobre esta base, el tribunal sostuvo que, pese a su nombre, los contratos inteligentes inmutables "*are not contracts*" porque, a diferencia de una máquina expendedora, Tornado Cash no puede ser "*desconectado*", y no existe una parte con la que contratar (Van Loon v. Department of the Treasury, 2024).

El Segundo Circuito, en **Register.com v. Verio (2004)**, abordó la formación de contratos en entornos automatizados. Verio utilizaba un robot para acceder diariamente a la base de datos WHOIS de Register.com. El tribunal distinguió entre el primer

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

acceso, sin asentimiento por mostrarse los términos después, y los accesos reiterados. Sobre estos últimos, sostuvo que Verio era "*plenamente consciente de los términos*" y aplicó el Restatement § 69: "*el silencio y la inacción operan como aceptación cuando el destinatario acepta el beneficio con oportunidad razonable de rechazarlo*" (p. 408). La mera automatización no equivale a aceptación sin oportunidad de revisar los términos, pero el conocimiento efectivo y la conducta reiterada sí generan vinculación contractual (Register.com v. Verio, 2004).

En **Corinthian Pharmaceutical v. Lederle (1989)** , el Tribunal de Distrito analizó si un pedido mediante sistema telefónico computarizado constituía oferta y si la respuesta automatizada era aceptación. Sostuvo que "*such an automated, ministerial act cannot constitute an acceptance*" (724 F. Supp. 605, 610), aplicando la Sección 2-206 del UCC. Aunque anterior a los smart contracts, su razonamiento es analógicamente aplicable: si un sistema computarizado básico de 1989 no podía generar aceptación, cabe preguntarse si los contratos inteligentes actuales pueden considerarse manifestaciones de voluntad suficientes.

En **Manotas v. Ocwen Loan Servicing (2019)** , el Fourth Circuit reiteró un enfoque formalista aplicable a contextos digitales cuando el litigio se asimila a un incumplimiento tradicional. Sostuvo que "*the applicability of the statute of limitations is governed by the object of the litigation and the substance of the complaint, not the form*". En EE.UU., la ausencia de regulación federal específica sobre smart contracts lleva a los tribunales a subsumir estas relaciones en las categorías clásicas del contrato escrito, con estrictos plazos de prescripción.

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

2.4. Comparativa crítica UE-EE.UU.

2.4.1. Seguridad jurídica

En el ámbito de la UE, la **inseguridad jurídica** en torno a los contratos inteligentes representa un desafío para su armonización dentro de la unión. La ausencia de una **definición legal estandarizada** y la **ausencia de un marco regulatorio integral** provocan imprevisibilidad y riesgo al realizar transacciones transfronterizas. Las partes pueden encontrarse con dificultades para determinar qué leyes nacionales se aplican (pese a los instrumentos de DIPr), cómo manejar las disputas y si sus contratos inteligentes van a ser considerados válidos y exigibles en la jurisdicción de otro EM de la UE. Esto último es muy importante teniendo en cuenta que, en la gran mayoría de los smart contracts, **la ley aplicable no está incluida en el código**. (Vičius, 2025, p 165-170)

La legislación de la UE relativa a los contratos inteligentes, aparte de ser **escasa**, es **fragmentaria**. Los únicos instrumentos europeos que abordan directamente los smart contracts son el Reglamento eIDAS (en materia de firma electrónica) y el Data Act (art. 36, limitado a acuerdos de intercambio de datos), dejando un amplio **vacío normativo**. Existe una barrera legal significativa para la armonización por el hecho de que las directivas y regulaciones de la UE pueden tener **interpretaciones** diversas a nivel nacional. La falta de un marco legislativo común y armonizado en toda la Unión conduce a que **el mismo contrato inteligente podría considerarse válido en algunas jurisdicciones y en otras no**. Esta **falta de uniformidad podría socavar el mercado**

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

interno de la UE, donde la libre circulación de bienes, servicios, capital y personas depende de un entorno legal coherente entre los EM.

En EE.UU ocurre un problema similar que también genera inseguridad jurídica. Al igual que la UE, EE.UU se compone de distintos estados que aplican sus leyes y establecen sus propias interpretaciones. A pesar de que el propósito de la UETA consiste en eliminar las barreras del comercio, las **definiciones variables** de blockchain y smart contract entre los estados pueden crear obstáculos. Surge aquí el mismo problema de validez que en la UE: lo que podría ser aplicable en un estado, podría no serlo en otro por una cuestión de imprecisión o inexistencia en la definición de ciertos conceptos.

Por ejemplo, los registros o firmas creados, almacenados o verificados en una blockchain de Nevada podrían no ser válidos en Arizona porque Nevada no requiere que las blockchains sean “*inmutables*” o que “*proporcionen una verdad no censurada*”. Una blockchain que cumpla con la definición de Tennessee podría no ser reconocida en Nevada porque podría no “*garantizar la consistencia o la no repudiación*” de las transacciones o datos registrados en ella. (Bosco, 2019 , p. 249)

En ambos casos se evidencia que la **falta de armonización** entre los estados genera **inseguridad jurídica** y **menguan la eficiencia** de los contratos inteligentes. El simple hecho de la ausencia de una definición e interpretación únicas obstaculizan el comercio y **no ofrecen garantías de validez a las partes implicadas**.

Además, las diferentes interpretaciones de la legislación podrían conducir a otro problema: el **arbitraje regulatorio**. Por ejemplo, las empresas o los usuarios podrían aprovechar la naturaleza descentralizada y transfronteriza de un contrato inteligente para

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

operar en entornos regulatorios que sean más favorables a sus objetivos. Las partes involucradas pueden seleccionar jurisdicciones con regulaciones más indulgentes (como Nevada frente a Arizona), lo que **socava la integridad del mercado y origina un marco de juego en desigualdad de condiciones entre los estados.**

Consecuencias para la innovación empresarial.

La fragmentación normativa descrita no solo genera inseguridad jurídica, sino que también afecta negativamente a la innovación empresarial y al desarrollo del mercado. Las disposiciones regulatorias inconsistentes impiden el avance de prácticas estandarizadas y la interoperabilidad tecnológica. Esta circunstancia afecta especialmente a los desarrolladores y a las empresas que **intentan elaborar contratos inteligentes universales** que puedan cumplir con múltiples ordenamientos jurídicos simultáneamente. Como resultado, se inhibe la innovación y se obstaculiza el desarrollo del mercado. (Vičius, 2025)

La falta de una regulación armonizada constituye un obstáculo real para alcanzar prácticas estandarizadas e interoperabilidad técnica. Sin estándares unificados en el marco legal, el desarrollo de contratos inteligentes capaces de adaptarse a las diversas jurisdicciones dentro de la UE resulta enormemente desafiante para desarrolladores y empresas. La consecuencia puede ser la congelación de la innovación y la limitación de la escalabilidad de las aplicaciones basadas en contratos inteligentes. (Vičius, 2025)

Esta problemática se manifiesta en el comercio internacional: las **partes involucradas en una transacción global pueden estar sujetas a hasta tres o más ordenamientos jurídicos diferentes.** La dificultad de diseñar un smart contract que sea válido y ejecutable en todos ellos desincentiva la adopción de esta tecnología por parte

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

de las empresas, particularmente de las PYMES (que tanto en la UE como en EE.UU. constituyen la inmensa mayoría de las empresas). Tanto la incertidumbre regulatoria como la falta de estandarización **constituyen barreras de entrada**, frenando la democratización de esta tecnología y perpetuando la posición ventajosa de los actores con mayor capacidad de inversión.

En síntesis, la **armonización regulatoria** no sólo constituye una cuestión de seguridad jurídica sino que además, es una condición necesaria para fomentar la innovación, garantizar la igualdad de condiciones competitivas y permitir que todas las empresas accedan a los beneficios potenciales de la contratación inteligente.

2.4.2. Problemas de interpretación y protección del consumidor

Los contratos inteligentes son programas informáticos codificados en lenguajes ininteligibles para quienes no poseen formación técnica en programación. (Giancaspro, 2017, p. 831) Se plantea un desafío para los tribunales de la UE y EE.UU.: *¿cómo interpretar la voluntad de las partes cuando el acuerdo se expresa en un lenguaje que no dominan?* El consentimiento informado puede cuestionarse debido a su expresión como código fuente. (Llamas y Díaz, 2023)

En el sistema de common law estadounidense esta opacidad del código resulta particularmente problemática porque la interpretación contractual se basa en el texto y la intención de las partes. En la UE se añade una problemática más por su diversidad lingüística: el código de programación no admite traducciones jurídicamente precisas. Tradicionalmente, los ordenamientos exigen **oferta**, **aceptación** e **intención** de crear relaciones jurídicas. En los smart contracts, estos elementos pueden estar representados

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

en el código, pero la ausencia de lenguaje legible por humanos y su naturaleza automatizada complican la determinación de la intención contractual (Vičius, 2025). Ello plantea un riesgo evidente de **desconexión** entre la **voluntad real de los contratantes** y la **ejecución automatizada del código**.

A diferencia de los contratos tradicionales, que contienen cláusulas basadas en estándares abiertos o **conceptos jurídicos indeterminados** (la buena fe, la razonabilidad o el trato justo), los smart contracts operan con condiciones binarias (*if x... then y...*). No resulta claro cómo codificar conceptos normativos. (Giancaspro, 2017, p. 831-832) En la UE, el derecho de consumo incorpora conceptos como "*desequilibrio significativo*" o "*falta de buena fe*" (**Directiva 93/13/CEE**). *¿Cómo puede un programa juzgar si una cláusula crea un desequilibrio importante?* El smart contract no tolera margen de interpretación ante cláusulas oscuras o abusivas (Ríos, 2019). En EE.UU., el UCC (§ 1-304) exige *buena fe*, y Giancaspro (2017) señala que "*resultaría imposible reducir escenarios particulares... a un código informático binario, lo que excluiría de facto la aplicación de garantías fundamentales del derecho contractual*" (p. 833).

La **inmutabilidad** de blockchain es una ventaja en seguridad y trazabilidad, pero un obstáculo para la protección del consumidor cuando las circunstancias aconsejarían modificar el acuerdo. Por ejemplo, el *derecho de desistimiento* (**Directiva 2011/83/UE**) quedaría vacío de contenido, pues el contrato se ejecutaría automáticamente al cumplirse las condiciones. Similar problema afecta al *derecho de rectificación* (art. 16 GDPR) y al *derecho al olvido* (art. 17 GDPR), pues suprimir datos en blockchain choca con su inmutabilidad.

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

En EE.UU., la protección del consumidor se regula principalmente en la FTCA y leyes estatales. La jurisprudencia estadounidense ha abordado los efectos de la inmutabilidad en el caso *Van Loon v. Department of the Treasury* (2024), donde el tribunal distingue entre smart contracts mutables e inmutables: "*Smart contracts come in two forms: 'mutable' and 'immutable.' A mutable smart contract is one which is managed by some party or group and may be changed. An immutable smart contract, on the other hand, cannot be altered or removed from the blockchain (...) once a smart contract becomes immutable, no one can reclaim control over it*" (p. 5-6). Un contrato mutable permite correcciones, pero el inmutable no puede ser alterado ni controlado por nadie: "*Because no one can control immutable smart contracts(...) there is no party with which to contract*" (p. 28-29). Si no existe contraparte con la que contratar, o si el código que ejecuta el contrato no puede ser detenido o modificado, derechos como el desistimiento (UE) o la revocación de la oferta quedan comprometidos. Esta imposibilidad de "desconectar" el smart contract inmutable es el núcleo del problema para la protección del consumidor en ambos sistemas.

El **automatismo** en la ejecución de las prestaciones plantea otro problema: determinar qué mecanismos tiene el perjudicado cuando se produce una infracción que debería determinar la nulidad del contrato (pero, debido al automatismo, se ejecuta la prestación en estricto cumplimiento de las secuencias codificadas).

Supongamos el escenario de las medidas cautelares en ambos sistemas (*injunction* en EE.UU. o medida cautelar en la UE). Un tribunal podría ordenar detener la ejecución de una cláusula, pero el smart contract es autónomo y no puede ser "*detenido*" instantáneamente (Giancaspro, 2017, p. 832). Además, las partes suelen estar

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

en distintas jurisdicciones y los plazos son críticos. El Reglamento de Bruselas I bis permite el reconocimiento mutuo de medidas cautelares en la UE, pero ejecutarlas sobre una red descentralizada sin autoridad central presenta desafíos técnicos insuperables con la tecnología actual. .

Como se evidenció en el hackeo del DAO (2016) y el incidente de Parity Wallet, existe riesgo de que muchas transacciones mediante smart contracts sean anulables por falta de exigibilidad legal (Giancaspro, 2017, p. 829). Compensar a las partes inocentes y sancionar a los infractores será arduo, pues las blockchain pueden involucrar a millones de consumidores en múltiples jurisdicciones. Además, si un error de codificación causa pérdidas, ¿quién es responsable? (Giancaspro, 2017, p. 829).

Ambos sistemas carecen de regulación específica sobre responsabilidad civil por errores en smart contracts. En la UE, la **Directiva 85/374/CEE sobre productos defectuosos** podría aplicarse por analogía, pero no está claro si un error en el código constituye un "*defecto*". En EE.UU., la *product liability* es más extensiva, pero su aplicación al open source y a redes descentralizadas tampoco es clara.

La UE y sus tribunales nacionales enfrentan dificultades para interpretar y hacer cumplir los smart contracts por su naturaleza técnica y la ausencia de directrices claras, lo que puede conducir a resultados impredecibles. En EE.UU., diferentes estados pueden adoptar criterios dispares sobre su validez y ejecutabilidad. En el comercio transfronterizo, las incertidumbres se multiplican: las partes deben hacer frente a la opacidad del código, las dificultades técnicas de interpretación y la ausencia de armonización internacional.

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

En efecto, resulta fundamental que el uso del blockchain se acompañe con el establecimiento de un **marco jurídico apropiado**. Tal y como apunta Moreno (2021), *“Es fundamental que se realice una intervención proporcional en el sector y con criterios claros para identificar las aplicaciones basadas en blockchain de 'riesgo elevado', que son aquellas que suponen riesgos significativos, en especial, en materia de derechos de los consumidores. (...) La libertad de contratar que se consagró en la vieja Europa con la implantación de las ideas de la Revolución francesa puede desaparecer, para convertir la voluntad humana en inconsciente y predecible. La igualdad de las partes en la contratación puede no existir, ni tan siquiera, con la aplicación de la normativa protectora de los consumidores. (...) El problema es que el consumidor lo asume como algo habitual y normal, pues hemos aprendido a convivir con ello.”* (p. 58-59)

CAPÍTULO 3: CASOS PRÁCTICOS Y CUESTIONES PENDIENTES

3.1. Aplicación en el comercio internacional.

La aplicación de los smart contracts en el comercio internacional ha sido objeto de creciente atención académica y práctica. Uno de los marcos más completos es el propuesto por Sinha y Roy Chowdhury (2021), quienes desarrollan un marco de BTGC considerando los INCO terms 2020 de la ICC. Se identifican en el estudio las reglas de validación, las probabilidades de fallo, los elementos que causan la detención de los contratos, las condiciones para la creación de cadenas laterales y la gobernanza del sistema BTGC. (Sinha y Roy Chowdhury, 2021, p. 224)

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

3.1.1. Análisis de la cadena de valor del comercio internacional.

Sinha y Roy Chowdhury (2021) identifican 23 etapas de la cadena de valor del CI, desde la preparación de la mercancía hasta su entrega en el destino final (p. 233-234). Las etapas incluyen: inspección previa a la exportación, embalaje, contratación de transitarios, carga en el transportista terrestre, despacho de aduanas en el puerto seco, carga en el buque, navegación, llegada al puerto de destino, despacho de importación y transporte final hasta el destino (entre otras).

El número de actividades varía según el INCO term elegido. Por ejemplo, bajo el término ExWorks, la responsabilidad del exportador termina en la etapa III (embalaje), mientras que bajo DDP (Delivered Duty Paid), el exportador es responsable hasta la etapa XXIII (entrega final). La probabilidad de éxito del contrato global inteligente depende de la probabilidad de éxito de cada una de estas etapas, expresada como: $P(X) = \prod_i P(X_i)$, influenciada además por variables de control como la regulación gubernamental, el entorno operativo y la disponibilidad de proveedores de servicios (Sinha y Roy Chowdhury, 2021, p. 237)

3.1.2. Estructura del contrato global inteligente.

Un contrato global de exportación tiene cuatro secciones principales (Sinha y Roy Chowdhury, 2021, p. 237-244), cuyos elementos y reglas de validación se resumen en la Tabla 5:

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -

Sección	Contenido	Reglas de validación (ejemplos)
1. Ámbito	Código HS, cantidad, valor, moneda, INCO term, lugar designado.	Si INCO term = FAS, FOB, CFR o CIF → transporte marítimo. Si = CIP → seguro Cláusula A. Si = CIF → seguro Cláusula C. Si categoría C → punto de riesgo ≠ lugar de entrega.
2. Especificación técnica	Especificaciones del producto, vinculadas a certificados de calidad y origen.	
3. Condiciones comerciales	Términos de pago: anticipado, LC (UCP 600), cobranza (URC 522), cuenta abierta, escrow. Pago condicionado a la presentación de documentos que acrediten el cumplimiento del exportador.	Ejemplo: "Si LC a la vista y se presenta draft con documentos correctos → se libera el pago"
4. Resolución de disputas	Arbitraje, terminación del contrato, indemnizaciones, force majeure, ley aplicable.	

Tabla 5: Estructura y reglas de validación del contrato global inteligente. Fuente: Elaboración propia.

3.1.3. Interrupción y modificación del contrato inteligente.

Una de las principales limitaciones de los contratos inteligentes es la **dificultad de modificar las reglas una vez desplegadas**. Sinha y Roy Chowdhury (2021) identifican que, en un mínimo de 15 etapas, existen posibilidades de interrupción que requieren cambios en las reglas. Por ello, proponen que el BTGC habilite un uso

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

separado y generación de consenso en cadenas laterales de modo que el canal inicial continúe operando hasta que se genere un consenso para el cambio o modificación de las condiciones contractuales (p. 248)

Siguiendo los principios de Marino y Juels (2016) (citados por Sinha y Roy Chowdhury (2021)), el **sistema debe ser capaz de cambiar variables y funciones conforme a órdenes judiciales, arbitraje o consenso mutuo**. Las variables susceptibles de modificación incluyen: resultados de inspección, tipo de embalaje, elección de medio de transporte, puerto de carga y descarga, requisitos aduaneros adicionales, pagos parciales, transbordos, cambios en los plazos de entrega y términos de pago, entre otros. (p. 248-249)

3.1.4. Gobernanza del contrato global inteligente.

Sinha y Roy Chowdhury (2021) proponen un marco de gobernanza para el BTGC basado en la creación de un consorcio de partes interesadas (exportadores, importadores, bancos, aduanas, transitarios, etc.) que defina el mecanismo de consenso, la selección de desarrolladores, los roles y el marco de desarrollo, así como un órgano de resolución de disputas (p. 250-251). Este consorcio otorga permisos a los nodos para unirse y puede excluirlos según criterios específicos.

3.1.5. Ejemplos adicionales.

Además del marco propuesto por Sinha y Roy Chowdhury (2021), existen ejemplos concretos de implementación de blockchain en el comercio internacional. La naviera Maersk, en cooperación con IBM, ha adoptado esta tecnología para la gestión

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

de conocimientos de embarque (bill of lading), que tradicionalmente son documentos difícilmente alterables (Kshetri, 2018). Asimismo, la cadena minorista Walmart ha implementado blockchain para la trazabilidad de productos en su cadena de suministro (Popper y Lohr, 2017, citado por Sinha y Roy Chowdhury, 2021, p. 230). En el ámbito aduanero, se han propuesto sistemas basados en blockchain para la declaración de importación que reducen la necesidad de validación cruzada manual por parte de las autoridades aduaneras (Segers et al., 2019).

3.2. Cuestiones críticas transversales:

3.2.1. Privacidad (GDPR vs. blockchain immutable)

El **Reglamento (UE) 2016/679 (GDPR)** impone obligaciones estrictas sobre el tratamiento de datos personales, definiendo como **"responsable del tratamiento"** a la persona o entidad que determina los fines y medios del tratamiento (**art. 4.7 GDPR**). El TJUE ha interpretado este concepto de manera amplia, señalando que *"el concepto de 'responsable del tratamiento' se refiere al organismo que 'solo o conjuntamente con otros' determine los fines y los medios del tratamiento de datos personales (...) pudiendo aludir a varios actores que participen en ese tratamiento"* (TJUE, asunto C-210/16, Wirtschaftsakademie, apartado 29). Esta interpretación extensiva resulta aplicable también a los contratos inteligentes, donde múltiples actores (desarrolladores, nodos de la blockchain, usuarios) pueden concurrir en la determinación de los fines y medios del tratamiento de datos personales.

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

En la misma línea, el TJUE ha sentado las bases del "**derecho al olvido**" al declarar que *"un tratamiento inicialmente lícito de datos exactos puede devenir, con el tiempo, incompatible con dicha Directiva cuando estos datos ya no sean necesarios en relación con los fines para los que se recogieron o trataron"* (TJUE, asunto C-131/12, Google Spain, apartado 93). Esta doctrina, hoy recogida en el artículo 17 GDPR, resulta de especial relevancia para los contratos inteligentes.

Entre sus disposiciones, resultan de especial relevancia el derecho de rectificación (**art. 16**), el derecho de supresión o “derecho al olvido” (**art. 17**), el principio de minimización de datos (**art. 5.1.c**), y los principios de seguridad y limitación de la finalidad (**art. 5.1.b** y **f**)

Sin embargo, una de las características definitorias de los smart contracts es la inmutabilidad. Finck (2019) define los contratos inteligentes como *"código ejecutable que procesa automáticamente sus entradas cuando es activado"* (p. 79), cuya ejecución *"no puede detenerse a menos que esta opción esté específicamente incorporada en el código"* (p. 80). Los datos registrados en los bloques no se pueden cambiar (Vičius, 2025, p. 168). **Esta inmutabilidad, si bien aporta ventajas en seguridad y trazabilidad, colisiona frontalmente con las exigencias del GDPR.**

El conflicto se manifiesta en dos derechos fundamentales. El derecho de rectificación permite al interesado obtener la corrección de datos inexactos. Finck (2019) advierte que *"es difícil para tales sistemas cumplir con el requisito de minimización de datos o implementar los derechos de modificación y supresión, ya que están diseñados para prevenir la intervención humana"* (p. 92). El carácter inmutable de la blockchain impide esta posibilidad.

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

El derecho al olvido, definido por la AEPD como "*el derecho a impedir la difusión de información personal cuando su publicación no cumple los requisitos de adecuación y pertinencia*", choca contra la inmutabilidad, pues la supresión de cualquier contenido codificado colisiona directamente con la naturaleza de la tecnología blockchain. La jurisprudencia del TJUE anticipó este conflicto al señalar que el derecho al olvido puede ejercerse incluso cuando la publicación original sea lícita (asunto C-131/12, Google Spain, apartado 93), lo que resulta especialmente problemático en entornos blockchain.

A ello se añade que, al estar los contratos inteligentes descentralizados, los datos pueden procesarse desde cualquier lugar del mundo. Finck (2019) reconoce que los smart contracts "*parecen calificar como una forma de procesamiento de datos totalmente automatizado a efectos del artículo 22(1) del GDPR*" (p. 78), lo que activa las garantías de este precepto. El GDPR solo permite transferir datos fuera de la UE si se cumplen condiciones específicas, lo que genera discrepancias con los requisitos de transferencia transfronteriza. Otros principios, como los de seguridad y limitación de la finalidad, también pueden plantear incumplimientos normativos (Vičius, 2025, p. 169).

Villanueva (2017) apunta dos posibles soluciones: (i) que la legislación nacional introduzca restricciones al derecho al olvido en el ámbito blockchain; (ii) el desarrollo de cadenas de bloques editables. Finck (2019), por su parte, sugiere mecanismos de intervención humana, como el uso de firmas múltiples (MultiSig) para detener la ejecución en caso de disputa (p. 93). Estas soluciones apuntan a una posible conciliación entre la eficiencia de los smart contracts y las exigencias del GDPR.

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

3.2.2. Resolución de disputas: Oráculos, jurisdicción, ley aplicable y arbitraje blockchain.

3.2.2.1. Los oráculos.

A pesar de que los smart contracts son potentes por su capacidad para facilitar, verificar o ejecutar la negociación de manera transparente y sin intermediarios, su funcionalidad se limita únicamente al ámbito digital de la cadena de bloques en la que residen. (Marengo et al., 2025, p. 2) Los contratos inteligentes **no son estrictamente inteligentes** en el sentido de que son **incapaces de entender el lenguaje natural o verificar** de forma independiente **si un evento relevante para su ejecución se ha materializado**. Por ello, son necesarios los oráculos: una o varias personas, grupos o programas que alimentan el software con información relevante. (Finck, 2019, p. 80)

Tal y como señalan Marengo et al. (2025), los oráculos “*actúan como puentes que traen información del mundo real a la cadena de bloques, lo que permite que los contratos inteligentes reaccionen a eventos externos. Sin embargo, esta dependencia hace que la seguridad y la efectividad de un contrato inteligente sean tan robustas como lo sea la precisión y la integridad de los datos que recibe del oráculo.*” (p. 2).

El **problema** del oráculo surge porque la **blockchain**, debido a su diseño cerrado, **no puede verificar directamente la información externa**. Los **oráculos** representan una **excepción al principio de descentralización**: el sistema debe confiar "ciegamente" en la información que proporcionan. Su centralización introduce puntos únicos de fallo, exponiendo los smart contracts a riesgos de censura, manipulación y control externo (Marengo et al., 2025, p. 3).

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

Un ejemplo ilustrativo ocurrió en 2020, cuando un error en los datos de un oráculo en la plataforma Compound provocó una liquidación indebida de unos 100 millones de dólares.

La doctrina ha propuesto soluciones técnicas: oráculos descentralizados (agregan datos de múltiples fuentes) y sistemas de reputación (penalizan a quienes proporcionan datos incorrectos) (Marengo et al., 2025, p. 5).

No obstante, subsisten desafíos en materia de **responsabilidad civil**. Cuando un oráculo causa daños con datos incorrectos, la doctrina debate si la responsabilidad debe ser contractual (si existe acuerdo directo) o extracontractual (cuando no). Dada la estructura descentralizada de blockchain, donde a menudo no existe un contrato formal, la responsabilidad extracontractual permitiría reclamar al proveedor si se demuestra su falta de diligencia (Marengo et al., 2025, p. 5-6).

3.2.2.2. Jurisdicción y ley aplicable.

La determinación de la jurisdicción competente en litigios relacionados con contratos inteligentes transfronterizos no cuenta con un régimen específico. Como apuntan Fernández Rozas et al. (2024), *“el hecho de que un contrato esté parcialmente documentado en el lenguaje de programación y automatizado en una blockchain no le otorga un régimen jurídico propio. En consecuencia, resultará determinante el régimen general de competencia judicial internacional y de derecho aplicable al contrato subyacente”* (p. 317).

Esta afirmación tiene implicaciones prácticas importantes. En el ámbito de la UE, la competencia judicial internacional se rige por el **Reglamento (UE) 1215/2012 (Bruselas I bis)**, que establece como regla general que los tribunales del domicilio del

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

demandado son competentes (**art.4**), contemplando también la existencia de foros especiales para contratos en su **artículo 7.1**. En relación a la ley aplicable al contrato, esta se determina conforme al **Reglamento (CE) 593/2008 (Roma I)**, que recoge el principio de autonomía de la voluntad de las partes en su **artículo 3** y, en su defecto, establece criterios objetivos de vinculación en su **artículo 4**.

Donde la tecnología blockchain sí merece un tratamiento específico es en el **ámbito de la prueba**. La eficacia probatoria de la blockchain para acreditar transacciones u otras circunstancias en el marco de procesos judiciales vendrá determinada, como cuestión procesal, por la ley del foro (*lex fori*). En este sentido, el **Reglamento eIDAS (UE 910/2014)** resulta de especial relevancia en la UE, al establecer la equivalencia legal de los registros electrónicos (Fernández Rozas et al., 2024, p.317). Aún así, persisten desafíos como la **admisibilidad de pruebas obtenidas de blockchains públicas** o la **identificación de las partes en transacciones anónimas**.

3.2.2.3. Arbitraje basado en blockchain.

La tecnología blockchain está impactando en la resolución de disputas. Como apunta Gil (2024), *“será inevitable el surgimiento de nuevos tipos de controversias y, con ello, será necesario revisar los mecanismos de resolución”* (p. 280). Se distinguen dos formas de aplicación: el arbitraje on-chain y el arbitraje basado en blockchain.

En el **arbitraje on-chain**, la blockchain integra el arbitraje dentro de la propia cadena. La resolución se registra y ejecuta automáticamente mediante un contrato inteligente (Gil, 2024, p. 281). La mayoría de las plataformas privadas ofrecen un protocolo on-chain, que puede desarrollarse de dos maneras: mediante tecnología predictiva (oráculos) o mediante un sistema de jurados, como Kleros. En este último, la

decisión proviene de un grupo de jurados descentralizado incentivado mediante recompensas y penalizaciones basadas en la teoría de juegos (Schelling Point) (Gil, 2024, p. 282).

Para disputas de mayor complejidad, donde las partes no aceptarían un sistema de oráculos o jurados sin formación jurídica, se plantea el **arbitraje basado en blockchain**. Se acude a un arbitraje institucional o ad hoc gestionado mediante blockchain, obteniendo un laudo autoejecutable. Un ejemplo es Matterum (Gil, 2024, p. 284).

El principal desafío es el **reconocimiento y ejecución** de estas decisiones conforme a la **Convención de Nueva York (1958)**. Gil (2024) plantea dos escenarios (p. 289-293): Primero, si el procedimiento cumple las características esenciales del arbitraje (voluntariedad, tribunal, laudo vinculante), la decisión podría ser reconocida. Sin embargo, la independencia de los "jurados", que obtienen ganancia económica si aciertan, podría poner en riesgo esta calificación. Segundo, incluso calificado como laudo, existen motivos para denegar su ejecución: falta de acuerdo arbitral válido (art. V.1.a), ausencia de motivación suficiente o vulneración del debido proceso. No obstante, la autora concluye que *"las principales limitaciones (...) prácticamente todas podrían resolverse en el convenio arbitral o con la correcta configuración del procedimiento"* (p. 296)

En relación a la confidencialidad, rasgo característico del arbitraje, esta también se ve afectada. Las blockchains privadas ofrecen mayor privacidad, mientras que en las públicas la transparencia inherente puede vulnerarla. Como en el arbitraje tradicional, la

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

confidencialidad no es inherente, sino que **requiere acuerdo expreso entre las partes** (Gil, 2024, p. 294-295).

3.3. Tendencias regulatorias y futuro previsible

Como se ha evidenciado en el análisis, la **eficacia** y **validez** de los smart contracts dependen de la **calidad de la codificación** y de la **capacidad de anticipación a posibles contingencias**, lo que plantea desafíos en términos de complejidad legal y técnica. Las normas jurídicas actuales resultan insuficientes para dar respuesta a estos problemas. Resulta necesario que el uso de blockchain y los contratos inteligentes vaya acompañado de un marco normativo específico, ya que se puede prever que los smart contracts van a tener, por las múltiples ventajas que ofrecen, una repercusión jurídica amplia. La cuestión fundamental es si los sistemas de Derecho, tan arraigados en la Historia, se van a adaptar sobre las bases y fundamentos actuales o, por el contrario, se irán adoptando sistemas jurídicos disruptivos (Moreno, 2021, p. 58-59). Como apunta Giancaspro (2017), a medida que los smart contracts se utilicen más ampliamente en diversos contextos comerciales, es **esencial que el Derecho avance al mismo ritmo: la incertidumbre es el foco para la disputa**. Por ello, las empresas deberían considerar las cuestiones relativas al estatus legal de los smart contracts al evaluar su implementación. (p. 835)

Se pueden prever **tres posibles tendencias** regulatorias:

Por un lado, **armonización europea**. Dada la actual fragmentación, parece inevitable que la UE impulse una regulación armonizada que proporcione seguridad jurídica en el mercado interior. Por otro lado, **cadenas de bloques editables**. El

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

desarrollo de blockchains que permitan la intervención humana para corregir errores o atender órdenes judiciales, mitigando el problema de la inmutabilidad (Finck, 2019, p. 93) Y, en tercer lugar, el **arbitraje integrado**. La incorporación de mecanismos de resolución de disputas directamente en los propios contratos inteligentes. (Marenco et al., 2025, p. 5)

Por su parte, la UNCITRAL ha mostrado interés en los smart contracts. Como apunta Duke (2019), es probable que en el futuro se cree una convención específica que aborde los smart contracts y su formación, del mismo modo que se creó la Convención sobre la Utilización de las Comunicaciones Electrónicas en los Contratos Internacionales para regular el uso del correo electrónico en el comercio internacional (p. 176-177)

No obstante, existen **límites** inherentes a la contratación inteligente. Como advierte Sklaroff (2017), **no existe una tecnología contractual que se adapte a todas las transacciones posibles**. Las empresas combinan mecanismos de gobernanza formal con modificaciones informales, creando relaciones comerciales que pueden resistir las presiones únicas de su negocio. Los smart contracts ofrecerán mejoras significativas bajo ciertas condiciones pero quizás solo en **determinadas áreas del negocio** o para **gestionar una categoría definida de transacciones rutinarias**. (p. 302)

La **flexibilidad** de los contratos semánticos, basados en lenguaje natural, es una característica, no un defecto. Los **contratos inteligentes que no ofrezcan flexibilidad interpretativa y de ejecución, por ende, serán útiles en un conjunto muy limitado de circunstancias**. Las cláusulas contractuales fraudulentas o abusivas, tradicionalmente controladas por los tribunales, probablemente proliferarían si los

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

“expertos en código” se aprovecharán de los “inexpertos en código”. Los árbitros descentralizados de blockchain serían incapaces de crear doctrina eficientemente en torno a cuestiones fácticas tan complejas. (Sklaroff, 2017, p. 303-303)

En esta línea, Fenwick, Kaal y Vermeulen (2018) apuntan que, aunque los contratos inteligentes generalmente no requieren intervención legal en transacciones simples, los profesionales del derecho a menudo creen que el “código” solo puede manejar transacciones muy elementales, argumentando que los acuerdos legales más complicados seguirán requiriendo la redacción y negociación de abogados tradicionales. (p. 374)

El futuro de los contratos inteligentes depende de encontrar un equilibrio entre la **eficiencia que aporta la automatización** y la **flexibilidad necesaria para adaptarse a circunstancias imprevistas**. **La tecnología por sí sola no puede reemplazar lo que es fundamentalmente una actividad humana.** (Sklaroff, 2017, p. 303)

4. CONCLUSIONES

Los contratos inteligentes se posicionan como una herramienta potencial de transformación para el comercio internacional. Al estar basados en tecnología de registro distribuido, tienen la capacidad de mover cualquier tipo de datos de forma rápida, segura e instantánea evitando la intervención humana. La forma en la que están configurados obliga a las partes a cumplir con lo pactado lo que rompe con las barreras que la desconfianza puede generar.

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

Ahora bien, el análisis deja entrever que la eficacia que prometen los smart contracts y su validez dependen de la **calidad de la codificación** y de su **capacidad de anticipación** a posibles circunstancias sobrevenidas.

La **rigidez** del código en el que están basados supone que solo es posible hacer realidad lo pactado en él. Se cuestiona aquí su eficiencia jurídica ya que, al operar bajo la lógica de “*if x...then y...*” los costes de redacción resultan más elevados y su capacidad de adaptación a situaciones imprevistas es menor que la que ofrecen los contratos tradicionales. En entornos contractuales es necesario contar con cierto **grado de flexibilidad** por las posibles disputas interpretativas que puedan surgir. En este sentido, los *smart contracts* no pueden cubrir en su código todas las situaciones: es imposible anticiparse a todas las situaciones que podrían surgir a raíz de una relación contractual. La **flexibilidad no es un defecto**, es una ventaja, y los contratos inteligentes **inmutables** no la ofrecen. Por ende, resultan útiles en un limitado número de circunstancias.

En relación a este primer límite se identifica otro obstáculo para su eficiencia jurídica: la **inmutabilidad**. Los smart contracts son inmutables por naturaleza, lo que significa que sólo van a poder ser revocados o modificados bajo las condiciones expresamente previstas en el código. Este hecho, como ha mostrado el estudio, plantea serios problemas en muchos sentidos.

A pesar de que la inmutabilidad ofrece garantías en términos de **seguridad** y **trazabilidad**, ámbitos como la **protección del consumidor** o ciertos derechos como el derecho al “**olvido**” o el derecho de **rectificación** se ven comprometidos. Resulta complicado que los contratos inteligentes puedan garantizar estos derechos ya que, en

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

esencia, están diseñados para evitar cualquier intervención humana. La **supresión** o **modificación** de cualquier contenido codificado choca con la naturaleza propia de los *smart contracts*. Ello resulta peligroso ya que en circunstancias en las que se aconsejaría **modificar** (o incluso **rescindir**) el acuerdo, si ello no está previsto detalladamente en el código, no van a poder realizarse cambios, a pesar de que ello resulte **perjudicial** para alguna de las partes. Resulta imposible “**desconectar**” el *smart contract* inmutable.

Este problema se ha evidenciado tanto en su aplicación práctica en el comercio internacional como en ambos sistemas analizados.

En el **comercio internacional**, constituido por una cadena de valor dividida en **23 etapas** (desde la preparación de la mercancía hasta su entrega en el destino final); se identifica que en un mínimo de **15 de estas etapas** existen posibilidades de interrupción que requieren modificaciones en las reglas, por lo que resulta prácticamente imposible que un contrato inteligente pueda resultar eficaz. En el **marco normativo europeo**, el **art. 36.1 b)** del **Data Act** establece la exigencia de garantizar un mecanismo que pueda poner fin a las transacciones y otro que permita evitar futuras ejecuciones accidentales, lo que colisiona con las características inherentes del funcionamiento de los contratos inteligentes. Por su parte, la **jurisprudencia de EEUU**. concluye que, efectivamente, un contrato inteligente inmutable no puede ser alterado ni controlado por nadie. Ergo, **no hay parte con la que contratar**, comprometiendo ello no sólo los derechos de la parte afectada sino que también los requisitos de **validez**.

En relación a esto último, los **requisitos de validez**, surge un problema con el **automatismo** a través del cual los *smart contracts* ejecutan lo establecido en el código.

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

Como no requieren de interpretación ni de un tercero que de fe de su contenido, se ejecuta inexorablemente lo programado, incluso si ello resulta perjudicial para una de las partes. La **ejecución no depende de la voluntad ulterior de las partes**, hecho que constituye un requisito fundamental para considerar un contrato como válido. Por ello resulta complicado interpretar la **voluntad de las partes**. Se suma otro problema: la **ausencia de un lenguaje legible para humanos**, que puede llevar a que los contratantes **no comprendan** exactamente a lo que se está comprometiendo.

Además, ello puede desembocar en una **asimetría entre las partes** (problema que a priori los *smart contracts* pretenden solucionar) ya que las cláusulas **fraudulentas** y **abusivas** pueden proliferar si los expertos en código (una minoría) se aprovechan de los inexpertos (la gran mayoría). Todo ello sin control, ya que los contratos inteligentes no toleran margen de interpretación de cláusulas oscuras o abusivas (operan con condiciones binarias): **son incapaces de tener en cuenta factores contextuales más amplios**.

En cualquier tipo de relación contractual resulta esencial el respeto del consentimiento, la claridad y la buena fe, valores que los contratos inteligentes (hoy por hoy) no pueden comprender. Se puede producir una **desconexión de la voluntad real** de los contratantes y de la **ejecución automatizada** de lo establecido en el código.

Surge también un límite **interpretativo**. Los smart contracts **no son inteligentes** en el sentido que **no entienden el lenguaje natural** y **no pueden verificar** de forma **independiente** si un evento relevante para su ejecución se ha materializado. Requieren oráculos que alimentan el software con información. Se compromete la eficiencia ya que esta depende de la precisión de la información proporcionada: al ser la tecnología

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

blockchain de diseño cerrado no puede verificar directamente la información externa. Esta excepción a la descentralización que tanto la caracteriza origina riesgos de censura, manipulación o control externo, lo que, en efecto, genera **asimetría de la información**.

Y, finalmente, el análisis del marco normativo y la jurisprudencia de ambos sistemas sugiere un problema común: **inseguridad jurídica**, causada por la **ausencia** de una **definición legal estandarizada** y la **inexistencia** de un *marco regulatorio integral*. Ello constituye una **barrera legal**, ya que los estados adoptan diferentes interpretaciones que pueden generar problemas de **validez**: un smart contract puede ser válido en algunos estados y en otros no. Existe también **imprevisibilidad** en relación a la ley aplicable, ya que en muchas ocasiones esta no se prevé en el código, lo que erosiona la confianza de las partes para utilizar contratos inteligentes. Por añadidura, ello puede originar **arbitraje regulatorio**, que puede comprometer la integridad del mercado y generar desigualdades de condiciones entre estados.

Esta falta de armonización no solo compromete la eficiencia y la validez sino que además resulta un **obstáculo para la innovación** y el **desarrollo del mercado**: evita el avance de prácticas estandarizadas y la interoperabilidad tecnológica. Esta incertidumbre regulatoria y la falta de estandarización de la práctica constituyen barreras de entrada para las empresas.

En efecto, la cuestión principal no es si los smart contracts sustituirán por completo a la contratación tradicional, sino en qué medida pueden complementar. No son un sustituto perfecto de contratos tradicionales: **su valor está en ser complementarios a otros mecanismos de gobernanza, no en reemplazarlos**. Pueden

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

ofrecer beneficios y ventajas en determinadas áreas de un negocio determinado o gestionar una categoría definida de transacciones rutinarias.

La respuesta normativa que se dé a estos desafíos determinará en gran medida el éxito de su adopción en el comercio internacional. En otras palabras, es necesaria la adopción de una definición universal y establecer una única interpretación, erradicando así gran parte de los problemas derivados de la **inseguridad jurídica**.

Además, para que los smart contracts sean plenamente **válidos**, resulta necesario que cumplan con la legislación, las normas y los estándares aplicables. Dichos requisitos son innegociables y no pueden verse alterados: los contratos inteligentes no constituyen ninguna excepción que esté por encima de la ley y al margen de las disposiciones normativas. Con tal de que gocen de validez legal, deben diseñarse y adaptarse conforme a los principios y valores legales.

5. BIBLIOGRAFIA

Arnone, G (2025). Smart Contracts for Online Dispute Resolution : Legal Implications and Practical Applications under EU regulations. *EJPLT*, 1, 2-16. <https://doi.org/10.57230/ejplt251GA>

Arruñada, B (2020). Limitaciones de «blockchain» en contratos y propiedad. En I. Sánchez Ruiz de Valdivia (Dir.) *Blockchain: impacto en los sistemas financiero, notarial, registral y judicial*. (p. 251). Thomson Reuters Aranzadi.

Bosco, A. J. (2018). Blockchain and the Uniform Electronic Transactions Act. *The Business Lawyer*, 74(1), 243–252.

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

Brada, J. C., & Park, J. (2024). The fourth industrial revolution: Implications for the global economy and for the strategic competition between the United States and China. *Asia and the Global Economy*, 4(2), Article 100097. <https://doi.org/10.1016/j.aglobe.2024.100097>

Crous, A. (2022) Blockchain y función notarial: del principio de custodia y su conjugación con el entorno digital y la tecnología de registro distribuido. En R. Oliver Cuello (Ed). *Los retos de la Empresa, el Derecho y la Comunicación en el mundo actual*. (P. 345-365). J.M. Bosch Editor. https://justis.vlex.com/search/content_type:4+jurisdiction:ES,EA,EU/la+cuarta+revoluci%C3%B3n+industrial+contrataci%C3%B3n/vid/924077991

di Angelo, M., Soare, A., & Salzer, G. (2019). Smart contracts in view of the civil code. Proceedings of the 34th ACM/SIGAPP Symposium on Applied Computing, 147772, 392–399. <https://doi.org/10.1145/3297280.3297321>

Duke, A. (2019). What Does the CISG Have to Say About Smart Contracts? A Legal Analysis. *Chicago Journal of International Law*, 20(1), 141-177. <https://www.proquest.com/scholarly-journals/what-does-cisg-have-say-about-smart-contracts/docview/2348896723/se-2>

Erhard, W., y Jensen, M.C. (2014). *Putting integrity into finance: A purely positive approach* (NBER Working Paper No. 19986). National Bureau of Economic Research. <http://www.nber.org/papers/w19986>

Feliu Rey, J. (2018) Smart Contract: Concepto, ecosistema y principales cuestiones de Derecho privado. *Revista la Ley Mercantil*, 47.

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

Fenwick, M., Kaal, W. A., & Vermeulen, E. P. M. (2018). Legal Education in the Blockchain Revolution. *Vanderbilt Journal of Entertainment and Technology Law*, 20(2), 351.

Finck, M. (2019). Smart contracts as a form of solely automated processing under the GDPR. *International Data Privacy Law*, 9(2), 78-94.
<https://doi.org/10.1093/idpl/ipz004>

Fernández Rozas J.C., Arenas, R., de Miguel P.A. (2024). *Derecho de los negocios internacionales*. Iustel

Fukuyama, F. (1992) *The end of history and the last man*. Free Press.

García Teruel, R.M (2020). Introducción al fenómeno de la «tokenización»: estudio de casos. En R.M. García Teruel (Coord). *La tokenización de bienes en blockchain. Cuestiones civiles y tributarias*. (p. 29) Thomson Reuters Aranzadi.

Giancaspro, M. (2017). Is a ‘smart contract’ really a smart idea? Insights from a legal perspective. *Computer Law & Security Review*, 33(6), 825–835.
<https://doi.org/10.1016/j.clsr.2017.05.007>

Gil, Ayllen (2024). Arbitraje y blockchain (Arbitration and blockchain). *Justicia: Revista de derecho procesal*, 1, p. 273-297.
<https://justis.vlex.com/search/jurisdiction:EU,EA,ES,US/arbitraje+blockchain/vid/1045059273>

Gordo Villanueva, M (2017). Smart contracts y la tecnología blockchain en el derecho contractual. *Revista Sepin Nuevas Tecnologías*.

Kshetri, N. (2019). Blockchains and International Business. *IT Professional*, 21(4), Article 8764078. <https://doi.org/10.1109/MITP.2019.2909700>

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

Li, J., Wang, R., Cai, X., Chen, Y., & Cao, C. (2025). The game theory issues of blockchain digital ecosystem in cross-border trade. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 16(12), 3881–3919. <https://doi.org/10.1007/s13198-025-02895-1>

Llamas, J. Z., & Díaz, C. (2023). Contratos y blockchain: Contratos legales inteligentes. ¿Es necesario un marco legislativo? *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información*, 11(23), 42-58.

Marengo, E. A. C., Solano, J. E. G., Silveyra, R. M. S., Sal, G. O., & Ravelo-Franco, G. (2025). Responsabilidad civil del oráculo: intersección entre el derecho privado y los contratos inteligentes. *IDP: Revista de Internet, Derecho y Política*, 42, 1. <https://doi.org/10.7238/idp.v0i42.43070>

Miroudot, S. (2017). La mondialisation s'est-elle arrêtée après la crise financière ? Chaînes de valeur mondiales et ralentissement du commerce international. *Regards croisés sur l'économie*, 21(2), 27–34. <https://doi.org/10.3917/rce.021.0027>

Moreno, M.A., (2021) La certeza y simbolización de los derechos subjetivos. Tokens y contratos inteligentes. *Revista de Derecho, Empresa y Sociedad (REDS)*, núm 18-19, 57-72. https://justis.vlex.com/search/jurisdiction:ES+content_type:4/contratos+inteligentes/vid/923361779

Ríos, Y. (2019) La tutela del consumidor en la 'contratación inteligente'. Los 'smart contracts' y la 'blockchain' como paradigma de la Cuarta Revolución industrial. *Revista Consumo y Empresa*, 9. <https://justis.vlex.com/vid/756319901>

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

Rymarczyk, J. (2021). The impact of industrial revolution 4.0 on international trade. *Entrepreneurial Business and Economics Review*, 9(1), 105-117.
<https://doi.org/10.15678/EBER.2021.090107>

Sinha, D., & Shuvo, R. C. (2021). Blockchain-based smart contract for international business – a framework. *Journal of Global Operations and Strategic Sourcing*, 14(1), 224-260. <https://doi.org/10.1108/JGOSS-06-2020-0031>

Sklaroff, J. M. (2017). SMART CONTRACTS AND THE COST OF INFLEXIBILITY. *University of Pennsylvania Law Review*, 166(1), 263–303.

Szabo, N (1994). *Smart Contracts*. Universiteit van Amsterdam.
<https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart.contracts.html>

Szabo, N (1996). *Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets*. Satoshi Nakamoto Institute.
<https://nakamotoinstitute.org/library/smart-contracts-building-blocks-for-digital-markets>

Nakamoto, S. (2008) *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. Satoshi Nakamoto Institute. <https://nakamotoinstitute.org/library/bitcoin/>

Tapscott, D. y Tapscott, A. (2017). *La revolución blockchain: Descubre cómo esta nueva tecnología transformará la economía global*. Deusto.

Toohey, L. (2021). Trade Law Architecture after the Fourth Industrial Revolution. In *Artificial Intelligence and International Economic Law: Disruption, Regulation, and Reconfiguration* (pp. 337–352).
<https://doi.org/10.1017/9781108954006.018>

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -

Valencia Ramírez, J. P. (2019). Contratos inteligentes. *Revista De Investigación En Tecnologías De La Información*, 7(14), 1–10.
<https://doi.org/10.36825/RITI.07.14.001>

Vatiero, M. (2024). The “dark side” of smart contracts: A contract theory perspective. *European Management Review*, 21(3), 516–519.
<https://doi.org/10.1111/emre.12676>

Vičius, V. (2025) Legal Challenges of Harmonizing Smart Contract Regulations within the European Union . *Teisé*, 134, 160-173.
<https://doi.org/10.15388/Teise.2025.134.13>

Who is Nick Szabo: smart contracts and digital trust revolution. (2025, Aug 23). *CE Noticias Financieras*
<https://www.proquest.com/wire-feeds/who-is-nick-szabo-smart-contracts-digital-trust/docview/3242865261/se-2>

Legislación

Arizona Revised Statutes, AZ Rev Stat. §§ 44-7061. (2025)
<https://www.azleg.gov/ars/44/07061.htm>

Directiva 85/374/CEE del Consejo, de 25 de julio de 1985, relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados Miembros en materia de responsabilidad por los daños causados por productos defectuosos. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 210, de 7 de agosto de 1985.
<http://data.europa.eu/eli/dir/1985/374/oj>

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

Directiva 93/13/CEE del Consejo, de 5 de abril de 1993, sobre las cláusulas abusivas en los contratos celebrados con consumidores. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 095, de 21 de abril de 1993. <http://data.europa.eu/eli/dir/1993/13/oj>

Directiva 2011/83/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2011 sobre los derechos de los consumidores. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 304/64, de 22 de noviembre de 2011. <http://data.europa.eu/eli/dir/2011/83/oj>

Federal Trade Commission Act, 15 U.S.C §§ 41-58 (1914)
<https://www.ftc.gov/consumer-protection>

Naciones Unidas (1958) *Convención sobre el reconocimiento y la ejecución de las sentencias arbitrales extranjeras*. Serie de Tratados de las Naciones Unidas.
<https://uncitral.un.org/sites/default/files/media-documents/uncitral/es/new-york-convention-s.pdf>

Naciones Unidas (1980). *Convención de las Naciones Unidas sobre los Contratos de Compraventa Internacional de Mercaderías*. Serie de Tratados de las Naciones Unidas.
https://uncitral.un.org/es/texts/salegoods/conventions/sale_of_goods/cisg

National Conference of Commissioners on Uniform State Laws. (1999).
Uniform Electronic Transactions Act.
<https://www.uniformlaws.org/viewdocument/final-act-21?CommunityKey=2c04b76c-2b7d-4399-977e-d5876ba7e034>

Nevada Revised Statutes, Nev. Rev. Stat. §§ 719.045 (2025)
https://nevada.public.law/statutes/nrs_chapter_719

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

Real Decreto de 24 de julio de 1889 por el que se publica el Código Civil. *Boletín Oficial del Estado*, 206, de 25 de julio de 1889. [https://www.boe.es/eli/es/rd/1889/07/24/\(1\)/con](https://www.boe.es/eli/es/rd/1889/07/24/(1)/con)

Reglamento (CE) No 864/2007 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de julio de 2007, relativo a la ley aplicable a las obligaciones extracontractuales. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 199/40, 31 de julio de 2007. <http://data.europa.eu/eli/reg/2007/864/oj>

Reglamento (CE) No 593/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de junio de 2008, sobre la ley aplicable a las obligaciones contractuales. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 177/6, 4 de julio de 2008. <http://data.europa.eu/eli/reg/2008/593/oj>

Reglamento (UE) No 1215/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2012 relativo a la competencia judicial, el reconocimiento y la ejecución de resoluciones judiciales en materia civil y mercantil. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 351/1, de 20 de diciembre de 2012. <http://data.europa.eu/eli/reg/2012/1215/oj>

Reglamento (UE) 910/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de julio de 2014, relativo a la identificación electrónica y los servicios de confianza para las transacciones electrónicas en el mercado interior. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 257/73, de 28 de agosto de 2014. <http://data.europa.eu/eli/reg/2014/910/oj>

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. *Diario Oficial de*

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -

la Unión Europea, L 119/1, de 4 de mayo de 2016.

<http://data.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj>

Reglamento (UE) 2023/1114 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 31 de mayo de 2023, relativo a los mercados de criptoactivos. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 150/40, de 9 de junio de 2023. <http://data.europa.eu/eli/reg/2023/1114/oj>

Reglamento (UE) 2023/2854 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de diciembre de 2023, sobre normas armonizadas para un acceso justo a los datos y su utilización. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L, de 22 de diciembre de 2023. <http://data.europa.eu/eli/reg/2023/2854/oj>

Tennessee Code Annotated, Tenn. Code Ann. §§ 47-10-201 y § 47-10-202. (2024) <https://www.tncourts.gov/Tennessee%20Code>

Uniform Law Commission. (2025). *Uniform Commercial Code*. <https://www.uniformlaws.org/acts/ucc>

Jurisprudencia

Sentencia del Tribunal de Justicia de la Unión Europea, de 13 de mayo de 2014, C-132/12, Caso Google Spain, S.L. y Google Inc. contra Agencia Española de Protección de Datos (AEPD) y Mario Costeja González

Sentencia del Tribunal de Justicia de la Unión Europea, de 22 de octubre de 2015, C-264/14, Caso Skatteverket contra David Hedqvist

Sentencia del Tribunal de Justicia de la Unión Europea, de 5 de junio de 2018, C-210/16, Caso Wirtschaftsakademie Schleswig-Holstein contra Unabhängiges Landeszentrum für Datenschutz Schleswig-Holstein

Sentencia del Tribunal Constitucional 10/2023, de 23 de febrero de 2023.

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

Sentencia de la Corte Suprema di Cassazione de Italia 37767 (Sección 5), de 17 de mayo de 2023.

Sentencia del Tribunal Fiscal Federal Alemán IX R 3/22 (9.º Senado), de 14 de febrero de 2023

Sentencia del Finanzgericht Nürnberg de Baviera 3 K 760/22, de 22 de enero de 2025.

Sentencia del Rechtbank Oost-Brabant de Países Bajos 82/198261-22, de 14 de mayo de 2024.

Sentencia de la Audiencia Nacional 8/2026 (Sala de lo Penal), de 11 de marzo de 2026 (recurso 39/2025)

Sentencia de la Audiencia Provincial de Barcelona 731/2025 (Sala de lo Civil, Sección 15), de 5 de junio de 2025 (recurso 309/2024)

Decisión de la Intellectual Property Office de Reino Unido O/0965/23 (Patent decision), de 11 de octubre de 2023.

Van Loon v. Department of the Treasury, No. 23-50669 (5th Cir. 2024).
<https://law.justia.com/cases/federal/appellate-courts/ca5/23-50669/23-50669-2024-11-26.html>

Williams et al. v. Block.One et al., No. 1:20-cv-02809, Document 146 (S.D.N.Y. 2022).
<https://law.justia.com/cases/federal/district-courts/new-york/nysdce/1:2020cv02809/535367/146/>

In re Bibox Group Holdings Limited Securities Litigation, No. 1:20-cv-02807, Document 90 (S.D.N.Y. 2021)

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-

<https://law.justia.com/cases/federal/district-courts/new-york/nysdce/1:2020cv02807/535365/90/>

Corinthian Pharmaceutical v. Lederle Laboratories, 724 F. Supp. 605 (S.D. Ind. 1989). <https://law.justia.com/cases/federal/district-courts/FSupp/724/605/1468182/>

Register.com, Inc., Plaintiff-appellee, v. Verio, Inc., 356 F.3d 393 (2d Cir. 2004). <https://law.justia.com/cases/federal/appellate-courts/F3/356/393/539823/>

Carlos Manotas v. Ocwen Loan Servicing, LLC, No. 18-2026 (4th Cir. 2019). <https://law.justia.com/cases/federal/appellate-courts/ca4/18-2026/18-2026-2019-12-09.html>

- La contratación mercantil transfronteriza en la era digital: eficiencia jurídica y desafíos normativos de los contratos inteligentes. -
-