

**CONTRATOS 4.0: GOBERNANZA, RESPONSABILIDAD Y PRUEBAS EN
LA CONVERGENCIA DE BLOCKCHAIN E INTELIGENCIA ARTIFICIAL***

**CONTRACTS 4.0: GOVERNANCE, RESPONSIBILITY, AND TESTING IN
THE CONVERGENCE OF BLOCKCHAIN AND ARTIFICIAL
INTELLIGENCE**

Dra. Alma de los Ángeles Ríos Ruíz¹

Resumen: Los contratos 4.0 constituyen una nueva generación de acuerdos en donde el *blockchain*, oráculos e inteligencia artificial convergen en su automatización y registro; en el presente artículo se analiza esa convergencia como un sistema socio-técnico, a efecto de identificar riesgos operativos y estar en posibilidad de proponer un marco normativo y de gobernanza que contemple auditorías técnicas, cláusulas de *fallback*, regímenes mixtos de responsabilidad, así como *sandboxes* regulatorios. A partir de una metodología mixta que contempla revisión doctrinal, estudio comparado y auditorías técnicas, se propone establecer estándares mínimos de certificación para oráculos y *smart contracts*, protocolos normalizados de evidencia y peritaje técnico, así como métricas de equidad, explicabilidad y robustez para modelos IA que mitiguen daños por fallos de ejecución. El objetivo es ofrecer parámetros técnico - regulatorios que permitan aprovechar su eficiencia sin sacrificar la protección de derechos, legalidad y certeza jurídica.

Palabras Clave: Contratos 4.0; *Smart legal contracts*; Oráculos; Gobernanza algorítmica y Admisibilidad probatoria.

* Artículo de investigación en extenso. Artículo recibido: 20 de abril de 2026. Artículo aprobado: 5 de junio de 2026.

¹ Profesora de Tiempo Completo, Titular “C” Definitiva de la Facultad de Derecho de la UNAM. Coyoacán, Ciudad de México, México. Miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores Nivel 2 de la SECIHTI. ariosr@derecho.unam.mx

Abstract: Contracts 4.0 represent a new generation of agreements where blockchain, oracles, and artificial intelligence converge in their automation and recording. This article analyzes this convergence as a socio-technical system to identify operational risks and propose a regulatory and governance framework that includes technical audits, fallback clauses, mixed liability regimes, and regulatory sandboxes. Using a mixed methodology that incorporates doctrinal review, comparative studies, and technical audits, the article proposes establishing minimum certification standards for oracles and smart contracts, standardized protocols for evidence and technical expertise, and metrics for fairness, explainability, and robustness for AI models to mitigate damages from execution failures. The objective is to offer technical and regulatory parameters that allow for leveraging their efficiency without sacrificing the protection of rights, legality, and legal certainty.

Keywords: Contracts 4.0; Smart legal contracts; Oracles; Algorithmic governance and admissibility of evidence

SUMARIO: I. Introducción; II. Contexto y marco conceptual; III. Implicaciones jurídicas fundamentales; IV. Gobernanza, cumplimiento y regulación técnica; V. Inteligencia Artificial aplicada a la contratación automática; VI. Resolución de conflictos, cumplimiento transfronterizo y propuestas normativas; VII. Reflexiones Finales; VIII. Fuentes Selectas.

I. Introducción

Actualmente los denominados contratos inteligentes² a los que se han incorporado tecnologías distribuidas como *blockchain*³ plantean una reconfiguración de la práctica jurídica contractual, así como los marcos normativos que la rigen, toda vez que sus mecanismos de ejecución automática y registro inmutable, plantean desafíos para la aplicación de los supuestos tradicionales que regulan aspectos como

² Programas informáticos que se despliegan en una *blockchain* y ejecutan automáticamente tanto obligaciones como transferencias cuando se cumplen condiciones predefinidas; combinan inmutabilidad y consenso del *ledger* con lógica codificada para ofrecer automatización, transparencia y trazabilidad.

³ Libro mayor digital distribuido que registra de forma cronológica y segura las transacciones y/o datos en bloques que se enlazan criptográficamente, garantizando que, una vez que se registra una entrada, su modificación retroactiva sea extremadamente difícil, lo que la hace inmutable y confiable sin necesidad de una autoridad centralizada.

el consentimiento, pruebas y resolución de conflictos; en el contexto mexicano, al igual que ocurre en muchos otros países de la región, esta transformación se enfrenta a vacíos regulatorios, surgiendo así la necesidad de reinterpretar principios del derecho contractual a la luz de las innovaciones tanto técnicas como tecnológicas que ya se implementan de forma incipiente en diversos sectores de la economía.

Se trata de sistemas socio-técnicos donde el código autoejecutable (*smart contract*), los oráculos y módulos de Inteligencia Artificial (IA) interactúan para producir efectos tanto jurídicos como económicos automatizados; dicha conjunción exige distinguir entre las semánticas legal del contrato y computacional del código, reconociendo la presencia de decisiones algorítmicas capaces de alterar una correcta interpretación y ejecución contractual.

Esa convergencia entre ledger⁴ distribuido, oráculos⁵ y módulos de inteligencia artificial⁶ constituye el núcleo operativo de los denominados contratos 4.0, en los cuales la regla codificada y la decisión algorítmica interactúan con normas jurídicas aplicables a la materia contractual, obligaciones e incluso procesos de gobernanza; como es de suponerse, esa interacción exige distinguir con rigor técnico - legal entre el código como herramienta técnica y el contrato como institución jurídica, lo cual plantea dudas sobre temas de responsabilidad, admisibilidad probatoria y mecanismos de salvaguardas que permitan conciliar la eficiencia tecnológica con el enfoque proteccionista de derechos, legalidad y certeza jurídica en la realización de operaciones reales.

De forma particular, los oráculos introducen un vector de confianza externo donde la integridad, disponibilidad y trazabilidad de los datos *off-chain* condicionan su correcta ejecución, sin embargo, esto no es suficiente, debiendo implementar,

⁴ Se trata de un libro mayor digital que registra de forma tanto cronológica como compartida las transacciones o datos entre los participantes de una red distribuida; en las cadenas de bloques o *blockchain*, este mecanismo garantiza la integridad e inmutabilidad mediante criptografía y mecanismos de consenso, asegurando que las entradas validadas no puedan alterarse retroactivamente sin la cooperación de la red, otorgando mayor certeza y confianza en un registro descentralizado carente de una autoridad centralizada.

⁵ Se trata de servicios o entidades que conectan una *blockchain* con el mundo exterior, en el caso de los contratos inteligentes, les proporcionan datos y eventos como son el precio de un activo, resultados de un evento, estados de un sistema, entre otros, que no están disponibles directamente en la cadena; es decir, actúan como puentes que obtienen, verifican y transmiten esa información para que la lógica que codifica un *smart contract* pueda ejecutarse conforme a condiciones dependientes del mundo real.

⁶ Componentes de software especializados que implementan capacidades de percepción, razonamiento o toma de decisiones dentro de un sistema mayor, cuyo propósito es el procesamiento de datos, inferencia de patrones, así como la producción de salidas que permitan automatizar tareas de clasificación, extracción de información, predicción o generación de texto, así como alimentar decisiones posteriores en flujos de negocio y/o arquitecturas técnicas más amplias.

además, modelos de redundancia, firmas múltiples e incluso mecanismos de reputación que en conjunto eviten la manipulación o errores que se puedan presentar. Desde la perspectiva probatoria, no existen y se necesitan, criterios de admisibilidad para registros *blockchain* o metadatos de oráculos.

En México el Registro de Modelos Novedosos de la Comisión Nacional Bancaria y de Valores junto con la Ley Fintech han abierto espacios para pruebas regulatorias y *sandboxes*; permitiendo experimentar con modelos que integran *blockchain* e IA bajo supervisión, empero, aún se requiere una adecuada certificación de oráculos, auditorías técnicas y reglas de interoperabilidad transfronteriza, lo que refleja la necesidad de una ruta regulatoria concreta.

Ante este panorama, es evidente que los aspectos normativos y de gobernanza tradicionales resultan insuficientes, ahora es necesario avanzar hacia la creación de marcos híbridos que integren auditorías técnicas, cláusulas de *fallback*⁷, así como mecanismos procedimentales ya sea administrativos o judiciales con capacidad para suspender o corregir ejecuciones automáticas en caso de ser necesario; en este sentido los *sandboxes* regulatorios⁸, estándares de certificación para oráculos y *smart contracts* más rigurosos y críticos pueden facilitar la interoperabilidad transfronteriza al generar mayor confianza pública, por ello se propone abordar esas demandas a partir de un análisis técnico - jurídico que combine la evidencia práctica existente, lineamientos de diseño, así como propuestas regulatorias concretas que permitan una adopción paulatina y responsable de estos Contratos 4.0.

II. Contexto y marco conceptual

El origen histórico y evolutivo de la contratación electrónica y los contratos inteligentes se inició a partir de desarrollos jurídico - tecnológicos paralelos, como punto de partida se puede señalar por un lado la aceptación de la firma electrónica, que

⁷ Mecanismo de respaldo que se incorpora a la arquitectura de un contrato o en su gobernanza, permitiendo desviar, suspender o ejecutar rutas alternativas cuando la ejecución automática principal falla, o la entrada de datos es incierta e incluso cuando existen riesgos que requieren intervención humana forzosa, a efecto de preservar la continuidad operativa, ofreciendo soluciones frente a resultados no deseados e imprevistos de la ejecución automática.

⁸ Marco regulatorio establecido por una autoridad supervisora que permite tanto a empresas como proyectos innovadores probar productos, servicios o modelos de negocio en condiciones reales de mercado en un entorno controlado, contando con supervisión regulatoria ajustada; lo que permite equilibrar la promoción innovativa protegiendo a usuarios y al mercado, mediante exenciones temporales o parámetros experimentales que permiten una correcta validación técnica, legal y comercial, evitando riesgos no gestionados.

a su vez dotó de validez probatoria a documentos digitales y por otro, la formulación en el aspecto teórico de los llamados *smart contracts*⁹ o contratos inteligentes. En el plano jurídico, esta evolución significa un reto para el campo del derecho digital porque a la par que modifica las estructuras tradicionales de elaboración y prueba del contrato, también evidencia vacíos normativos que requieren de una interpretación y, en ciertos casos, se puede hablar hasta de una reforma normativa específica en la materia¹⁰.

Sin duda el reconocimiento legal de la firma electrónica a nivel nacional e internacional sentó las bases para la validez probatoria respecto de actos digitales, logrando que los documentos electrónicos gocen de eficacia jurídica al cumplirse ciertos requisitos de autenticidad e integridad; en el caso mexicano, la Ley de Firma Electrónica Avanzada regula estos elementos, siendo un antecedente normativo clave para la contratación electrónica.

Conceptualmente el origen del término “contratos inteligentes” es atribuido al pionero en criptografía y derecho computacional Nick Szabo quien, con una formulación temprana, desde el año 1994, entendía a éstos como protocolos informáticos con capacidad de codificar y ejecutar cláusulas contractuales, lo que inicialmente fue una idea futurista, se convirtió en una realidad a partir de la aparición de las *blockchain*, como herramienta que aporta inmutabilidad y ejecución distribuida. En este punto, resulta importante diferenciar el plano tecnológico que se traduce en un código, del plano jurídico constituido por normas legales que regulan la voluntad de las partes, ya que esta diferencia permite distinguir a la auto ejecución técnica de la sustitución automática del control jurídico tradicional¹¹; como se aprecia, la relevancia jurídica surge cuando se diferencia la semántica del código como ejecución automática, de la semántica jurídica relacionada con la voluntad y efectos legales, hecho que obliga a reinterpretar nociones básicas de la contratación, como son consentimiento y oferta, por citar algunos elementos.

⁹ Programas informáticos que se despliegan en una *blockchain* para automatizar la ejecución de acuerdos mediante reglas del tipo: “si/cuando... entonces...”, de modo tal que, al cumplirse las condiciones predefinidas, este código se encarga de realizar acciones deterministas como puede ser la transferencia de activos, actualización de registros o desencadenar pagos sin la participación de los intermediarios tradicionales.

¹⁰ Nava, Wendolyne, “Evaluación de los contratos inteligentes en México: Implicaciones para el derecho digital”, *Iuris Tantum*, núm. 41, julio 2025, pp. 13 - 30.

¹¹ Castellano, Adoración, “Conceptualización de los Contratos Inteligentes o Autoejecutables basados en la Tecnología Blockchain y su encuadre en el ordenamiento jurídico Español”, *Revista de Estudios Jurídicos*, núm. 21, 2021, pp. 5-7.

Bajo un enfoque tecnológico, la convergencia entre *blockchain* e IA dan lugar a una nueva arquitectura en materia de contratación automática, donde el *ledger* distribuido aporta registros inmutables, además de compartidos; en tanto, la IA interviene en la redacción, interpretación, predicción y toma de decisiones que pueden alimentar la lógica ejecutable del contrato; se trata pues, de una combinación que si bien es cierto potencializa las garantías de integridad y análisis avanzado, también lo es que, trae consigo nuevos retos para la integración, calidad de datos y desde luego, para la gobernanza de estos modelos novedosos que deben ser gestionados tanto técnicamente como regulatoriamente¹².

La arquitectura práctica de estos contratos consta de elementos relevantes que se identifican como capas, entre las que destacan la de registro (*blockchain*), ejecución (*smart contracts* y/o máquinas virtuales), datos (oráculos y *feeds* externos), así como la capa de decisión, que a través de módulos de IA y aprendizaje automatizado (ML) apoyan en la automatización de actos contractuales¹³. A partir de dichos elementos, es posible entender la capacidad operativa o riesgos como pueden ser el fallo de los oráculos o los sesgos que se puede presentar en los diferentes modelos, así como las oportunidades para sectores relacionados con la cadena de suministro, finanzas y administración pública. Esta separación en capas facilita la identificación de puntos de fallo, responsabilidades técnicas, y constituye la base que permite diseñar auditorías y cláusulas *fallback*.

Esto quiere decir que no se trata de una simple descripción arquitectónica sino de una poderosa herramienta analítica que permite asignar responsabilidades, diseñar controles y plantear soluciones legales; la capa de registro aporta tanto inmutabilidad como pruebas de integridad mediante *hashes on-chain*, sin embargo, esto no garantiza la veracidad de los datos externos, siendo la capa de datos (oráculos), como ya se indicó anteriormente, el principal vector de riesgo operativo, el cuál exige soluciones de redundancia, agregación y pruebas criptográficas que reduzcan una posible manipulación o fallo¹⁴.

¹² Cfr. IBM, “¿En qué consiste la combinación de blockchain e inteligencia artificial (IA)?”, <https://www.ibm.com/mx-es/think/topics/blockchain-ai>.

¹³ Nazarevich, Dmitry, “Desarrollo de software: el corazón de la industria 4.0”, <https://innowise.com/es/blog/industry-4-0-challenges-and-solutions/>.

¹⁴ Minh Vu Nguyen, *et.al.*, “Oráculos de blockchain: Implicaciones para los contratos inteligentes en el razonamiento jurídico y la solución del problema del oráculo”, diciembre 2023, pp. 296-303 <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3628797.3628870>.

En la capa de decisión, cuando se integran modelos de IA/ML se presentan riesgos de sesgo u opacidad que afectan la validez de las decisiones automatizadas, así como la atribución de responsabilidad, haciendo necesaria la implementación de prácticas obligatorias de documentación, acompañadas de evaluaciones de impacto algorítmico y registros de versiones que permitan la reconstrucción de decisiones, detección de sesgos con registros *on-chain* y auditorías técnicas para que la evidencia sea admisible en procesos legales.

La combinación de controles técnicos, contractuales y procedimentales integran en conjunto, un marco operativo que permite gestionar riesgos y facilitar la admisibilidad probatoria, se trata de medidas que permiten transformar dicha arquitectura en un sistema verificable con responsabilidades identificadas que resulta apto para su aplicabilidad en cadenas de suministro, finanzas y la administración pública en general.

De hecho, como parte de la apropiación de sus ventajas, los contratos inteligentes están siendo aplicados en ámbitos concretos, a saber: automatización de cadenas de suministro y logística, liquidación / custodia de activos *tokenizados*¹⁵, ejecución de condiciones en pólizas de seguro paramétrico, así como en procesos de compraventa automática a través de plataformas digitales, lo cual constituye una primera generación de uso, aplicado a procesos parcialmente automatizados que mantienen de alguna manera una protección jurídica prevista en el contexto tradicional, empero, pensar en una transición con tendencia hacia modelos plenamente autónomos exige replantear posturas sobre interpretación contractual, responsabilidad por código o compatibilidad normativa local, por citar algunos ejemplos¹⁶.

Actualmente, la primera generación de aplicaciones de estos contratos si bien ha revelado límites tanto operativos como jurídicos que deben ser atendidos para avanzar hacia modelos más autónomos, también ha mostrado cómo la trazabilidad *on-chain* mejora la visibilidad y reduce fraudes; en finanzas y custodia de activos *tokenizados* destacan los beneficios en liquidez y fraccionamiento de activos, que sin obviar la permanencia de retos regulatorios e interoperabilidad entre marcos de valores

¹⁵ Representaciones digitales de derechos de propiedad o participación sobre bienes tangibles o intangibles (como inmuebles, obras de arte, valores o derechos intelectuales) emitidas en forma de tokens, donde cada uno actúa como certificado digital, lo que facilita su transferencia, fraccionabilidad y negociación del activo subyacente.

¹⁶ Universidad de Alcalá, “5 casos prácticos de contratos inteligentes”, <https://www.masterindustria40.com/contratos-inteligentes/>.

tradicionales y registros distribuidos, se puede asegurar que se trata de resultados cuya tendencia avanza hacia contratos plenamente autónomos que concilian la automatización con trazabilidad, responsabilidad y admisibilidad probatoria.

Al respecto, es necesario distinguir entre *smart legal contracts* entendidos como acuerdos jurídicos que contienen cláusulas donde se disponen elementos ejecutables, de los *smart contracts* que son netamente técnicos, ya que su regulación y admisibilidad probatoria varían significativamente; en aspectos centrales como su implementación o reconocimiento jurídico tratándose de jurisdicciones iberoamericanas o europeas existe la necesidad de señalar explícitamente el foco territorial del análisis en concordancia con las hipótesis normativas que serán adoptadas, evitando así generalizaciones injustificadas.

III. Implicaciones jurídicas fundamentales

La automatización en materia de ejecución contractual mediante un código, constituye un desafío directo a la formación y conceptualización clásica del consentimiento, debido a que la manifestación de la voluntad en este tipo de contratos deja de ser un mero acto comunicacional entre partes, para convertirse en parámetros netamente técnicos que operan en un entorno informático¹⁷, en donde la forma, momento y verificabilidad de la aceptación requieren de una reinterpretación para constatar y poder garantizar que la autonomía de la voluntad está presente y no queda desvirtuada en los distintos procesos automatizados, asimismo, se debe constatar que las interfaces no dificulten la comprensión plena de las cláusulas y alcance de las mismas por las partes.

Así, el consentimiento en entornos automatizados debe entenderse como un proceso verificable y registrable, no como un acto de voluntad instantáneo, por eso es necesario contar con registros de interacción, pruebas criptográficas de aceptación como pueden ser firmas digitales avanzadas u otros mecanismos que permitan auditar el momento y forma de la aceptación, incluidas pruebas para demostrar que la interfaz presentó en ese momento información comprensible, todo esto en su conjunto dotará de una mayor transparencia la toma de decisiones automatizadas.

¹⁷ Niebla, Jesús, “Contratos Inteligentes: El paradigma de la Inteligencia Artificial y Legalidad”, *Revista de Investigaciones Jurídicas*, núm. 44, 2020, p. 553.

Otro aspecto central es la validez y los elementos esenciales del contrato, donde nuevamente se debe distinguir entre un *smart contract* técnico de un *smart legal contract*, porque cabe mencionar que no todo código equivale a norma jurídica y que, para atribuir efectos jurídicos plenos, es indispensable que exista una equivalencia identificable entre la voluntad contractual y las reglas ejecutables, lo que definitivamente obliga a replantear la incorporación de requisitos tales como causa, objeto y consentimiento en formatos codificados, definiendo los mecanismos de interpretación que posteriormente vincularán el plano semántico jurídico con el plano sintáctico del *software*¹⁸.

Para poder atribuir efectos jurídicos plenos a reglas codificadas se necesita establecer criterios de equivalencia semántica entre cláusulas jurídicas y su implementación en código a través de documentación formal, pruebas de conformidad y cláusulas contractuales que remitan expresamente a la versión legal del acuerdo¹⁹.

También es de vital importancia identificar y clasificar desde el punto de vista legal a los agentes tecnológicos (personas físicas o morales) que intervienen en la cadena contractual, desde el desarrollador de código, proveedor de infraestructura, ya sea nodos o plataformas de ejecución u operador de oráculo, hasta las partes contratantes, para poder definir un marco de imputación de responsabilidades diferenciado, equitativo y justo a partir de modelos en los que se combinan criterios tanto funcionales como de control, que facilite saber quién diseña, quién controla y quién se beneficia; esto permitirá establecer obligaciones específicas de diligencia, deberes de información y finalmente regímenes de responsabilidad por culpa o riesgo objetivo según la naturaleza de la intervención tecnológica.

La propuesta en este sentido consiste en clasificar a los agentes de acuerdo con su función y control para poder aplicar criterios de imputación mixtos, a saber: responsabilidad por defecto de diseño para desarrolladores, de operación para proveedores de infraestructura o por uso para los contratantes, en donde cada rol tenga especificados sus deberes de diligencia y transparencia en materia contractual y regulatoria.

¹⁸ Nava, Wendolyne, *op. cit.*, pp. 13 – 30.

¹⁹ Massimo, Bartoletti y Livio, Pompianu, “Un análisis empírico de los contratos inteligentes: plataformas, aplicaciones y patrones de diseño”, Cornell University, marzo de 2017, https://arxiv.org/abs/1703.06322?utm_source=copilot.com.

De forma particular, se sabe que la tanto la prueba como el archivado en entornos basados en *ledger* distribuido muestran ventajas entre las que se destacan la inmutabilidad y trazabilidad del *blockchain*, lo que fortalece la conservación de evidencias, pero por otra parte, si de admisibilidad e interpretación de esos registros como prueba se trata, existen limitaciones que se traducen a desafíos prácticos y también doctrinales, por ejemplo, hay una necesidad real de vincular datos *on-chain* con hechos del terreno fáctico mediante oráculos, que permitan garantizar cadenas de custodia digitales, situación que ilustra un punto clave relacionado con la validez jurídica de actos realizados en *blockchain*, los cuáles requieren de criterios probatorios particulares que sean claros, así como peritajes técnicos que permitan a jueces y/o tribunales evaluar la integridad, autoría y contexto probatorio²⁰ de un documento legal con estas características digitales.

Aunque la inmutabilidad *on-chain* fortalece la integridad, los tribunales necesitan métodos para vincular registros *on-chain* con hechos *off-chain*, por eso es necesario contar con cadenas de custodia híbridas (*hashes on-chain* + certificados de auditoría *off-chain*), estándares de peritaje técnico y formatos interoperables de metadatos que permitan a los operadores jurídicos reconstruir el contexto probatorio evaluando la integridad, autoría y procedencia de datos²¹.

Como ya se indicó, el oráculo es un elemento central, sobre el que se puede plantear la asignación de responsabilidades; se trata ni más ni menos que del mecanismo mediante el cual se conecta la información externa con la ejecución en cadena de bloques, cuyo fallo técnico o maliciosa manipulación genera consecuencias, pudiendo propiciar situaciones contrarias a la intención contractual, que pueden fácilmente traducirse en una responsabilidad civil de éste en su calidad de proveedor de información, por lo que se hace necesaria la implementación de estándares de diligencia análogos a los de otros intermediarios técnicos, debiendo contar con contratos de servicio que prevean en su contenido tanto indemnizaciones como garantías técnicas.

En tanto, los daños derivados de errores de código, vulnerabilidades o ataques a la infraestructura, requieren la implementación de un régimen de responsabilidad

²⁰ Quintero, Luisa, “Validez jurídica de los contratos celebrados en la Blockchain”, *Episteme*, vol. 14, núm. 1, pp. 76-85.

²¹ Bacon, Jean, *et. al.*, “Blockchain Demystified”, Documento de investigación de estudios jurídicos, núm. 268, diciembre de 2017, pp. 1-53, <https://ssrn.com/abstract=3091218>

mixto, que contemple elementos previstos y no previstos en el contrato, ello debe ser así, porque la responsabilidad derivada de los *smart contracts* bien puede fincarse al desarrollador cuando se trata de defectos en el software, mientras que ante casos de negligencia en materia de seguridad de las plataformas corresponde a los proveedores de las mismas responder, ahora bien, será el usuario quien deba responsabilizarse ante actos de imprudencia, en este sentido, valdría la pena pensar en la operatividad de seguros paramétricos o cláusulas de *fallback* que permitan una reparación efectiva tendente a mitigar los riesgos²².

En el caso de los regímenes de contratación a distancia, éstos se relacionan directamente con la protección de los consumidores o usuarios, tema que destaca la importancia de implementar medidas regulatorias adicionales; particularmente, porque la contratación 4.0 con frecuencia implica consumidores finales o usuarios en contextos de asimetría informativa²³, debido a que tanto la normativa de protección como la legislación sectorial a través de la regulación financiera o en materia de seguros, imponen requisitos de transparencia, información previa y mecanismos que permiten obtener reparaciones o compensaciones ante la vulneración de algún derecho, aperturando la posibilidad de acudir por distintas vías para la atención del caso; por eso deben identificarse, contemplarse e integrarse dichos mecanismos en el diseño de los contratos inteligentes, incluyendo interfaces claras y logs de consentimiento acompañados por mecanismos de cancelación o apelación.

Lo anterior nos posiciona frente a una intersección entre orden público y la autonomía privada que se manifiestan cuando las cláusulas automáticas colisionan con normas imperativas, ocasionando que ciertos resultados automáticos como pueden ser la ejecución irreversible, vulnere derechos de tipo laboral, fiscal o en materia de protección de datos personales, por eso se deben establecer límites normativos claros, cláusulas de reversión e incluso prever la intervención judicial, evitando que la ejecución técnica de estos contratos no menoscabe la tutela de derechos constitucionales ni de orden público²⁴.

²² Cuví, Mario y Sánchez, Angie, “Responsabilidad legal por contratos inteligentes: Una mirada desde el derecho civil y comercial”, *Polo del Conocimiento*, vol. 10, núm. 6, 2025, pp. 2112 – 2132.

²³ Gobierno de México, “Normatividad en materia de contrataciones públicas”, <https://www.gob.mx/buengobierno/acciones-y-programas/normatividad-en-materia-de-contrataciones-publicas>.

²⁴ Niebla, Jesús, “Contratos Inteligentes: El paradigma de la Inteligencia Artificial y Legalidad”, *Revista de Investigaciones Jurídicas*, núm. 44, 2020, pp. 554-560.

Tratándose de la protección de datos personales y derecho a la privacidad, se reconoce que la implementación de registros inmutables plantea serias tensiones respecto a derechos como el de supresión o rectificación, lo que hace necesaria la creación y puesta en marcha de arquitecturas híbridas donde los datos personales sensibles permanezcan bajo controles de acceso, asimismo, los propios marcos contractuales deben integrar obligaciones de seguridad, responsabilidad por brechas o fugas de información y medidas de minimización de datos que sean compatibles con los marcos legales vigentes en la materia que están presentes en múltiples jurisdicciones nacionales e internacionales.

La necesidad es estos mecanismos en conjunto con la gobernanza del código o los procesos de actualización y las cláusulas de suspensión, deben ser contempladas por los diseños contractuales 4.0 incorporando además, procedimientos específicos para la intervención personal humana, revisión de decisiones algorítmicas, mecanismos de solución eficaces ante ejecuciones erróneas; todo ello debe estar respaldado por estándares técnicos, obligaciones contractuales claras sobre el mantenimiento, auditorías y seguros en aras de dotar a esta herramienta de certeza jurídica sin tener que renunciar a eficiencia que ofrece la combinación de *blockchain* e IA para los contratos.

IV. Gobernanza, cumplimiento y regulación técnica

La implementación de contratos inteligentes a nivel nacional en México, así como en otras jurisdicciones emergentes requiere para su evolución y correcto funcionamiento de marcos de gobernanza que integren criterios jurídicos, pero también técnicos, que como ya se ha indicado, permitan dirimir responsabilidades garantizando protección y certeza jurídica, ante la ausencia actual de ordenamientos que regulen esta figura²⁵. Se requiere pues, de una gobernanza y políticas públicas que aboguen por la combinación de la supervisión humana en concordancia con mecanismos automatizados de control y reporte, que permitan una correcta y oportuna intervención regulatoria cuando las ejecuciones automáticas pongan en riesgo derechos humanos.

²⁵ Nava, Wendolyne, *op. cit.*, pp. 13 – 30.

Este modelo de gobernanza debe articular normas jurídicas con requisitos técnicos verificables, definiendo obligaciones de transparencia, documentación del ciclo de vida del *software*, pruebas de corrección, así como estándares mínimos de seguridad para desarrolladores, operadores de oráculos y proveedores de infraestructura²⁶ que contemplen la supervisión humana apoyada en controles automatizados para preservar derechos fundamentales.

El diseño de los contratos 4.0 debe ser compatible con las normas de derecho de cualquier país, considerando los principios de transparencia, trazabilidad y auditabilidad de sus códigos, pugnando para que las cláusulas ejecutables sean comprensibles y verificables por peritos y/o autoridades. Como ya se ha indicado, el distinguir entre el contrato legal y su representación codificada, permite pensar en una gobernanza que tome en cuenta el ciclo de vida del *software* para poder incluir estándares de desarrollo seguro, revisiones formales, y estableciendo responsabilidades contractuales claras para tanto para desarrolladores como a proveedores de infraestructura e incluso usuarios.

En cada país, la regulación será efectiva si se construyen marcos a la luz de las buenas prácticas internacionales y el derecho comparado, que permiten considerar las tendencias y experiencias jurisdiccionales en distintas latitudes, con relación a la incorporación de criterios mínimos sobre validez, formación del consentimiento, y mecanismos de corrección ante los fallos técnicos que se presentan de forma paulatina, de modo tal, que las políticas de cada Estado no queden desalineadas con lo que ocurre a nivel global²⁷.

La gobernanza técnica por su parte debe considerar a los oráculos como componente crítico porque al medir la relación entre hechos del mundo real y la correlativa ejecución en cadena, tanto en su diseño como certificación pueden incluir garantías de integridad, disponibilidad y responsabilidad contractual ante los datos suministrados, lo que puede evitar ejecuciones erróneas por entradas comprometidas.

²⁶ Abelson, Rashad y Bijelic, Barbara, “The OECD’s new responsible AI guidance: A compass for businesses in a complex terrain”, <https://oecd.ai/en/wonk/responsible-ai-guidance-compass-for-businesses>.

²⁷ Padilla Sánchez, Jorge, “Blockchain y contratos inteligentes: aproximación a sus problemáticas y retos jurídicos”, *Revista Derecho Privado*, núm. 39, Bogotá, Julio – Diciembre 2020, pp. 175 - 201 http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-43662020000200175

Asimismo, la interoperabilidad y confianza técnica entre plataformas DLT exige estándares como los APIs²⁸ y/o protocolos certificados que permitan la integración segura de oráculos y mecanismos de fallback²⁹ para reducir los riesgos de fragmentación ya sea normativa o técnica³⁰. En abono a esto, se hace necesario que las prácticas de cumplimiento para contratos inteligentes contemplen la incorporación de controles automatizados y humanos a través de reglas ejecutables de cumplimiento normativo, alertas ante desviaciones, procedimientos de suspensión e intervención que resguarden la posibilidad de revocar o suspender sus efectos ante actos o hechos ilegales y/o de riesgo inminente.

Por ello se insiste en la utilidad de llevar a cabo auditorías técnicas independientes de *smart contracts* para contar con marcos de certificación y buenas prácticas que permitan llevar a cabo pruebas formales de corrección, establecer estándares de seguridad reconocidos por autoridades y operadores de mercado que generen confianza y faciliten la admisibilidad probatoria de registros distribuidos; con esto se lograría equilibrar aspectos de transparencia y privacidad mediante controles de acceso criptográficos, marcos contractuales adaptados que respeten derechos de protección de datos personales, sin tener que sacrificar la trazabilidad ni supervisión regulatoria³¹.

Lo ideal sería realizar pilotos regulatorios y *sandboxes* supervisados que permitan experimentar distintos modelos de gobernanza, protocolos de auditoría, certificación de oráculos antes de escalarlos, establecer reglas claras sobre responsabilidad, plantear posibles seguros tecnológicos, así como validar el funcionamiento e idoneidad de algunos mecanismos de reparación de daño para usuarios afectados por ejecuciones automáticas y saber si son viables.

Las reglas de cumplimiento ejecutables (*on-chain*) deben complementarse con alertas regulatorias, procedimientos de suspensión y sobre todo mecanismos de reparación como pueden ser seguros tecnológicos o cláusulas *fallback* en aras de

²⁸ Interfaz que define una serie de reglas, protocolos, formatos que en conjunto permiten a las aplicaciones o servicios comunicarse e intercambiar datos sin conocer la implementación interna del otro, lo que simplifica la integración y reutilización de funcionalidades.

²⁹ Mecanismo de respaldo que se activa cuando el proceso principal falla, cuyo propósito es garantizar la continuidad operativa y mitigar posibles daños.

³⁰ Faster Capital, “Oráculos conectar contratos inteligentes con datos del mundo real”, <https://fastercapital.com/es/contenido/Oraculos--conectar-contratos-inteligentes-con-datos-del-mundo-real.html>.

³¹ Cfr. Stellar, “Oráculos”, <https://stellar.org/es/aprender/conceptos-basicos-de-contratos-inteligentes-oraculos>.

proteger a los consumidores dejando a salvo sus derechos para iniciar un proceso judicial.

V. Inteligencia Artificial aplicada a la contratación automática

Sin duda alguna, la incorporación de la IA en los procesos de gestión y elaboración de contratos ha transformado las etapas tradicionales del ciclo de vida contractual que originalmente se caracterizaba por la redacción, revisión, negociación y vigilancia, en ese orden, sin embargo, al automatizar tareas repetitivas, identificar y extraer cláusulas relevantes mediante procesamiento de lenguaje natural automatizado, fue posible generar borradores basados en plantillas y precedentes, lo que ha permitido paulatinamente acelerar procesos y reducir costos operativos a nivel corporativo y de *legaltech*³².

Mediante la implementación de estas tecnologías, principalmente las herramientas de NLP y ML se ha demostrado una disminución respecto de los tiempos de revisión e incluso una detección de riesgos contractuales más efectiva, sin embargo, la eficacia aún depende de la veracidad de los datos en coordinación con los procesos de validación humana. Ese éxito se debe a que en los casos de éxito la IA propone pero el humano valida, evitando de esta manera una automatización ciega o plena.

Verbigracia, herramientas de IA aplicadas al *Contract Lifecycle Management* (CLM)³³ realizan actualmente una correcta identificación automática de posibles riesgos contractuales, análisis de cláusulas estándar, fechas críticas y obligaciones de cumplimiento, lo que facilita la supervisión continua y desencadenamiento de flujos automáticos, lo que mejora la eficiencia documental, no obstante, se debe considerar que la adopción efectiva depende de dos factores, a saber: calidad de los datos e integración con sistemas procedentes del ecosistema legal y de negocio³⁴.

Ahora bien, es preciso saber que el rol de la IA no se limita al simple apoyo documental, pues los modelos de ML y técnicas de NLP hacen posible la predicción

³² Aplicación de tecnologías digitales en el ejercicio y prestación de servicios jurídicos para automatizar tareas, mejorar eficiencia, facilitar el acceso a la justicia, así como crear nuevas formas de asesoramiento y cumplimiento.

³³ Proceso estructurado y automatizado para gestionar un contrato desde su creación hasta la renovación o vencimiento, centralizando el control, visibilidad y cumplimiento de obligaciones para reducir riesgos en aras de mejorar la eficiencia operativa.

³⁴ Jiménez, José, “Transformando la gestión de contratos con Inteligencia Artificial”, <https://www.webdoxclm.com/blog/transformando-la-gestion-de-contratos-con-inteligencia-artificial>.

de incumplimientos, valoran riesgos en la contraparte e incluso detectan cláusulas atípicas, con lo que se alimentan las decisiones automatizadas dentro de un *smart contracts*, pudiendo recomendar también la necesidad de intervención humana, se trata pues, de funciones que aumentan la proactividad en la gestión contractual a la par que exigen controles robustos sobre temas de precisión, sesgos y trazabilidad de resultados algorítmico.

Como parte de los desafíos previstos en el marco de la coexistencia de códigos que ejecuta obligaciones y modelos de IA para interpretar o generar contenido, se ha descubierto que mientras el código implementa reglas deterministas, los modelos de IA generan en ocasiones resultados probabilísticos que requieren criterios de umbral y reglas de *fallback* para su correcta incorporación en la lógica ejecutable de un contrato, planteando así, la necesidad de implementar arquitecturas que combinen la ejecución automática con controles de supervisión humana, así como mecanismos de reversión ante la incertidumbre que pudiera generarse³⁵.

A pesar de ello, el uso de IA en las tareas de auditoría y revisión de *smart contracts* se ha convertido en una tendencia creciente, donde las herramientas que automatizan análisis estático o dinámico de los códigos permiten detectar vulnerabilidades, patrones de riesgo y desviaciones respecto a estándares de seguridad, mejorando de esta forma la velocidad y cobertura de las auditorías, pero sin sustituir la revisión formal por expertos humanos cuando se trata de determinaciones jurídicas o de alta especificidad técnica.

Al margen de esto, existen también riesgos muy específicos entre los que se destacan la permanencia o aparición de sesgos en la toma de decisiones, falta de explicabilidad respecto a modelos complejos, así como errores de generalización que se pueden traducir en afectaciones a la equidad contractual e incapacidad de los sujetos para entender decisiones automatizadas, por ello, se insiste en la necesidad de contar con mecanismos de explicabilidad, métricas de equidad y sobre todo procesos de revisión humana cuando las decisiones algorítmicas afectan derechos humanos³⁶.

Dado que los modelos ML producen salidas probabilísticas, es necesario señalar que su incorporación en la lógica contractual requiere indiscutiblemente que

³⁵ Niebla, Jesús, *op. cit.*, pp. 551 – 564.

³⁶ Toolify. AI., “Auditoría de Contratos Inteligentes con IA: Una Guía Completa”, <https://www.toolify.ai/es/ai-news-es/auditora-de-contratos-inteligentes-con-ia-una-gua-completa-3383318>.

se definan sus umbrales operativos, acompañados con reglas de confianza y se contemplen procedimientos de intervención humana, suspensión temporal o verificación externa que eviten ejecuciones automáticas cuyo sustento sean decisiones de baja confianza

Aunado a lo anterior, tanto la validación como auditoría de modelos empleados en el ámbito contractual requieren metodologías híbridas que evalúen aspectos tales como el desempeño, robustez y seguridad, que permitan realizar pruebas sobre conjuntos representativos, evaluaciones de sensibilidad, documentación técnica que soporte auditorías independientes para llevar registros de trazabilidad y contar con pruebas reproducibles para elecciones de diseño y despliegue.

Lo que continúa siendo un hecho es que la responsabilidad por decisiones algorítmicas integradas en contratos 4.0 aún se considera como un ámbito en desarrollo, mismo que debe avanzar a la luz de marcos de imputación que distribuyan obligaciones entre los desarrolladores de modelos, operadores de las distintas plataforma y usuarios finales.

Finalmente, los niveles de responsabilidad deberán articularse a través de los contratos de servicio, cláusulas de indemnización, seguros tecnológicos y requisitos de certificación tanto para desarrolladores como operadores de estos modelos y, aun así, antes de su generalización se serán indispensables los pilotos regulatorios y *sandboxes*.

VI. Resolución de conflictos, cumplimiento transfronterizo y propuestas normativas

Como se ha podido observar, la automatización contractual actualmente exige un replanteamiento con relación a los mecanismos tradicionales de resolución de disputas, toda vez que, la ejecución inmediata y, en ocasiones, irreversible en *blockchain* abre la posibilidad de dejar a las partes sin medios eficaces de reparación previos ante la posible consumación de un daño, de ahí la insistencia de crear marcos híbridos que permitan suspender, revisar o revertir ejecuciones automáticas mediante procedimientos técnico - jurídicos que se encuentren previstos e integrados en la propia arquitectura contractual.

Como parte de los modelos de resolución de conflictos que se pueden implementar, se ubican aquellos que combinan principios tradicionales del arbitraje o

la mediación con plataformas digitales y elementos tecnológicos como firmas electrónicas o ejecuciones condicionadas, configurando así, un arbitraje digital en el que los procedimientos deben adaptarse para preservar las garantías procesales aprovechando la eficiencia técnica de los entornos digitales.

Si se incorpora la IA en los procedimientos arbitrales y en plataformas ODR, se aperturan nuevas oportunidades para el análisis probatorio como herramientas de apoyo para juzgados y tribunales, sin embargo, no se deben obviar los riesgos que esto podría conllevar en aspectos técnicos del debido proceso y la explicación de decisiones automatizadas, por ello se reitera la obligación de que la IA sea asistida por entes humanos, quedando su empleo supeditado a controles que garanticen contradicción y acceso a la motivación del laudo³⁷.

Otro aspecto de gran relevancia se centra en la jurisdicción y la ley aplicable, donde se reconoce que los contratos 4.0 dificultan la determinación del foro idóneo debido a la descentralización de nodos, posible ausencia física de las partes, así como la naturaleza transfronteriza tanto de datos como activos *tokenizados*, situación ante la cual se recomienda la implementación de cláusulas de ley aplicable y elección de foro que sean claras y tecnológicamente verificables, que junto con cláusulas de *fallback* activen procedimientos jurisdiccionales convencionales en el momento en que la ejecución automática impida la tutela judicial efectiva.

La formulación de cláusulas de elección de ley y foro tecnológicamente verificables, como pueden ser *hashes on-chain* que documenten elección y metadatos e identifiquen las partes y nodos relevantes, reduciría la incertidumbre jurisdiccional, asimismo se pueden prever mecanismos de jurisdicción convencional cuando la ejecución automática impida una tutela judicial efectiva, todo esto en concordancia con la normativa internacional en materia de conflicto de leyes y la Convención de Nueva York³⁸ para la ejecución de laudos arbitrales.

Retomando esto último, para el reconocimiento y ejecución de sentencias o laudos relativos a operaciones registradas en DLT se requiere de un trabajo en materia de interoperabilidad entre marcos regulatorios y mecanismos de prueba que permitan a las diversas autoridades verificar la autenticidad y cadena de custodia de pruebas

³⁷ Llamas, Jersain, “Automatización del cumplimiento y resolución de disputas en la transferencia de datos mediante contratos inteligentes”, *Estudios en Derecho a la Información*, vol. 10, núm. 20, pp. 39-77.

³⁸ New York Convention, “Convención sobre el reconocimiento y la ejecución de las sentencias arbitrales extranjeras”, <https://www.newyorkconvention.org/spanish>

on-chain, por eso es importante adoptar estándares técnicos comunes a través de formatos normalizados de registros y/o APIs de verificación, así como la concertación de acuerdos internacionales que faciliten la cooperación probatoria en materia digital³⁹.

En aras de facilitar el cumplimiento transfronterizo, es necesario sentar las bases para crear marcos regionales de armonización normativa que establezcan principios mínimos sobre temas de transparencia, responsabilidad de intermediarios (oráculos, desarrolladores, plataformas o usuarios), así como los requisitos de certificación técnica, para que de esta forma los contratos 4.0 no queden sujetos a reglas heterogéneas que pudieran dificultar el comercio y la tutela de derechos en contextos internacionales.

De forma concreta, las propuestas versarán sobre cuatro aspectos clave, a saber:

1. Implementar reglas de certificación y auditoría obligatoria de *smart contracts* críticos,
2. Establecer la obligación de incorporar cláusulas de *fallback* y gobernanza que prevean, permitan y pugnen por la intervención humana en las distintas fases y procesos,
3. Sentar las bases para la implementación de un régimen de responsabilidad diferenciado para desarrolladores, operadores de oráculos, proveedores de infraestructura y usuarios de la misma, y
4. Incorporar como una exigencia los registros de trazabilidad para modelos de IA integrados en decisiones contractuales, así como seguros tecnológicos y fondos de garantía para víctimas de ejecuciones erróneas.

A través del uso de *sandboxes* y pilotos regulatorios controlados que cuenten con la participación de desarrolladores, universidades y centros técnicos, regidos bajo principios de transparencia, será posible ajustar normas y mejores prácticas con base empírica. En este sentido, la agenda normativa e investigativa que surge de estos desafíos contempla la elaboración de directrices técnicas vinculantes sobre oráculos e interoperabilidad, estándares de admisibilidad probatoria para evidencia *on-chain*, así como protocolos de debido proceso para arbitrajes asistidos por IA, y marcos de responsabilización en conjunto con seguros tecnológicos que permitan ofrecer soluciones efectivas a los usuarios que resulten afectados por errores de ejecución, todo ello a la luz de las distintas experiencias internacionales que permitan favorecer

³⁹ Sánchez, Martínez y González, Valeria, “Smart contracts y su validez en el sistema legal mexicano”, <https://www.telokwento.com/p/smart-contracts-y-su-validez-en-el-sistema-legal-mexicano>.

la coherencia regulatoria tendente a preservar la seguridad y certeza jurídica en la era de los contratos 4.0.

VII. Reflexiones Finales

Los Contratos 4.0 representan una transformación estructural del fenómeno contractual al incorporar automatización ejecutable, capacidades predictivas y decisorias de la IA, alterando tanto la operatividad y supuestos jurídicos clásicos de formación, interpretación y mecanismos de reparación contractual, por eso la coexistencia de capas tecnológicas exige entender a estos contratos como sistemas sociotécnicos en los cuales las normas jurídicas y de software interactúan permanentemente, lo que obliga a migrar de un enfoque estrictamente normativo a un modelo de gobernanza integradora que combine controles técnicos, salvaguardas contractuales y supervisión regulatoria.

La gobernanza de los contratos 4.0 debe apoyarse en los principios rectores de legalidad verificable, transparencia técnico - jurídica, auditabilidad independiente, asignación clara y objetiva de responsabilidades, así como la implementación de procedimientos efectivos de solución ante disputas o afectaciones por parte de los usuarios. Principios que deben traducirse en obligaciones concretas como son la documentación mínima de diseño, de auditoría técnica para contratos críticos, incorporación de cláusulas de *fallback* y la necesaria intervención humana, que junto con los registros *on-chain* preserven pruebas sin sacrificar el derecho a la de privacidad.

Las reformas normativas deben priorizar la aclaración desde el punto de vista jurídico entre *smart contracts* técnicos y *smart legal contracts*, establecer regímenes de responsabilidad diferenciados que identifiquen deberes de diligencia para desarrolladores, operadores de oráculos, proveedores de infraestructura y usuarios, exigir la certificación y auditoría para *smart contracts* y oráculos, así como señalar reglas sobre admisibilidad de evidencia *on-chain* y formatos técnicos interoperables que permitan una correcta cooperación transfronteriza. Se trata de reformas que deben implementarse mediante *sandboxes* regulatorios que permitan ajustar soluciones antes de su generalización.

A nivel de diseño se recomienda adoptar una arquitectura híbrida conformada por datos sensibles *off-chain* con referencias *on-chain*, oráculos certificados con

mecanismos de redundancia y reconciliación, integración de umbrales, así como reglas de confianza para traducir salidas probabilísticas de IA en el caso de decisiones ejecutables y establecimiento de módulos de interrupción emergente que activen la suspensión temporal de ejecución ante detección temprana de riesgos. Los procesos de desarrollo deben incorporar pruebas formales, revisiones independientes y mantenimientos contractuales tanto con garantías como seguros tecnológicos.

Los mecanismos de resolución de conflictos deben articular ODR y arbitraje digital a partir de protocolos que preserven contradicción, motivación y posibilidad de revisión humana, en donde las cláusulas de elección de ley y foro deben ser claras y técnicamente verificables, inclusive, los laudos relacionados con operaciones DLT deben apoyarse en estándares probatorios normalizados y APIs de verificación para facilitar el reconocimiento y ejecución internacional. Al respecto, la armonización regional sobre principios mínimos es decisiva para reducir fricciones regulatorias.

Es necesario diseñar regímenes que aseguren soluciones efectivas a través de cláusulas de reversión y *fallback*, fondos de garantía o seguros tecnológicos para víctimas de ejecuciones erróneas, así como implementación de procedimientos administrativos y/o judiciales ágiles que permitan interponer medidas cautelares sobre registros digitales. En este tema la protección del consumidor en conjunto con la tutela de derechos fundamentales debe prevalecer sobre la autonomía privada en los casos en que la ejecución técnica pueda causar perjuicios irreparables.

Se requiere una agenda de investigación aplicada que evalúe impactos empíricos, valide modelos de gobernanza y mida indicadores de seguridad, equidad, eficacia y eficiencia. Corresponde a las universidades y centros técnicos liderar programas de certificación, auditoría y capacitación interdisciplinaria para desarrolladores, juzgadores, reguladores y profesionales del derecho y la tecnología.

La adopción responsable de contratos 4.0 debe ser gradual, priorizando en todo momento sectores de riesgo medido, usar *sandboxes*, auditorías y esquemas de certificación para ganar confianza pública. La coordinación entre gobiernos, reguladores financieros, autoridades de protección de datos, academia, industria y organizaciones de consumidores como usuarios finales, es necesaria en el marco de la construcción de estándares útiles y legitimados socialmente.

Los contratos 4.0 ofrecen eficiencia, trazabilidad y automatización, pero sólo serán sostenibles si se articulan con marcos jurídicos, técnicas de gobernanza y mecanismos de solución de diferencias que preserven derechos, asignen

responsabilidades con claridad y adopten un enfoque precautorio-progresista que combine experimentación controlada, exigencias técnicas, garantías jurídicas y procesales que aprovechen las oportunidades tecnológicas al amparo de la justicia contractual.

VIII. Fuentes Selectas

Artículos de revistas:

BACON, Jean, *et. al.*, “Blockchain Demystified”, *Documento de investigación de estudios jurídicos*, núm. 268, diciembre de 2017, pp. 1-53, <https://ssrn.com/abstract=3091218>

CASTELLANO, Adoración, “Conceptualización de los Contratos Inteligentes o Autoejecutables basados en la Tecnología Blockchain y su encuadre en el ordenamiento jurídico Español”, *Revista de Estudios Jurídicos*, núm. 21, 2021, pp. 1-41.

CUVI, Mario y SÁNCHEZ, Angie, “Responsabilidad legal por contratos inteligentes: Una mirada desde el derecho civil y comercial”, *Polo del Conocimiento*, vol. 10, núm. 6, 2025, pp. 2112 – 2132.

LLAMAS, Jersain, “Automatización del cumplimiento y resolución de disputas en la transferencia de datos mediante contratos inteligentes”, *Estudios en Derecho a la Información*, vol. 10, núm. 20, pp. 39-77.

MASSIMO, Bartoletti y LIVIO, Pompianu, “Un análisis empírico de los contratos inteligentes: plataformas, aplicaciones y patrones de diseño”, *Cornell University*, marzo de 2017, https://arxiv.org/abs/1703.06322?utm_source=copilot.com

NAVA, Wendolyne, “Evaluación de los contratos inteligentes en México: Implicaciones para el derecho digital”, *Iuris Tantum*, núm. 41, julio 2025, pp. 12 - 33.

NIEBLA, Jesús, “Contratos Inteligentes: El paradigma de la Inteligencia Artificial y Legalidad”, *Revista de Investigaciones Jurídicas*, núm. 44, 2020, pp. 551 – 564.

PADILLA SÁNCHEZ, Jorge, “Blockchain y contratos inteligentes: aproximación a sus problemáticas y retos jurídicos”, *Revista Derecho Privado*, núm. 39,

Bogotá, Julio–Diciembre 2020, pp. 175 - 201
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-43662020000200175

QUINTERO, Luisa, “Validez jurídica de los contratos celebrados en la Blockchain”, *Episteme*, vol. 14, núm. 1, pp. 76-85.

Documentos publicados en Internet:

Abelson, Rashad y Bijelic, Barbara, “The OECD’s new responsible AI guidance: A compass for businesses in a complex terrain”,
<https://oecd.ai/en/wonk/responsible-ai-guidance-compass-for-businesses>.

Faster Capital, “Oráculos conectar contratos inteligentes con datos del mundo real”,
<https://fastercapital.com/es/contenido/Oraculos--conectar-contratos-inteligentes-con-datos-del-mundo-real.html>.

Gobierno de México, “Normatividad en materia de contrataciones públicas”,
<https://www.gob.mx/buengobierno/acciones-y-programas/normatividad-en-materia-de-contrataciones-publicas>.

IBM, “¿En qué consiste la combinación de blockchain e inteligencia artificial (IA)?”,
<https://www.ibm.com/mx-es/think/topics/blockchain-ai>.

Jiménez, José, “Transformando la gestión de contratos con Inteligencia Artificial”,
<https://www.webdoxclm.com/blog/transformando-la-gestion-de-contratos-con-inteligencia-artificial>

Minh Vu Nguyen, *et.al.*, “Oráculos de blockchain: Implicaciones para los contratos inteligentes en el razonamiento jurídico y la solución del problema del oráculo”, diciembre 2023, pp. 296-303
<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3628797.3628870>.

Nazarevich, Dmitry, “Desarrollo de software: el corazón de la industria 4.0”,
<https://innowise.com/es/blog/industry-4-0-challenges-and-solutions/>.

New York Convention, “Convención sobre el reconocimiento y la ejecución de las sentencias arbitrales extranjeras”,
<https://www.newyorkconvention.org/spanish>

Sánchez, Martínez y González, Valeria, “Smart contracts y su validez en el sistema legal mexicano”, <https://www.telokwento.com/p/smart-contracts-y-su-validez-en-el-sistema-legal-mexicano>.

Stellar, “Oráculos”, <https://stellar.org/es/aprender/conceptos-basicos-de-contratos-inteligentes-oraculos>

Toolify. AI., “Auditoría de Contratos Inteligentes con IA: Una Guía Completa”,
<https://www.toolify.ai/es/ai-news-es/auditora-de-contratos-inteligentes-con-ia-una-gua-completa-3383318>.

Universidad de Alcalá, “5 casos prácticos de contratos inteligentes”,
<https://www.masterindustria40.com/contratos-inteligentes/>.